

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Online diagnostika linky pro plnění lahví

Online Diagnostics Lines for Bottling

Student:

Bc. Jan Ripel

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2013

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě12.5.

.....
Bc. Jan Ripel

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Jan Ripel
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma:	Online diagnostika linky pro plnění lahví Online Diagnostics Lines for Bottling

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce se zabývejte problematikou aplikace online diagnostiky na linku pro plnění lahví. Rozeberte problematiku týkající se této aplikace, zvolte vhodná místa pro umístění snímačů. Popište přístrojovou techniku a softwarové nastavení pro tuto aplikaci. Proveďte potřebná měření, včetně vyhodnocení naměřených dat.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proveďte potřebná měření.
5. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení.

Další podrobnější specifikace provede vedoucí práce a firma Adash, spol. s r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

MILÁČEK, S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT v Praze 2001, 231 s., ISBN 80.01-02417-2

Podkladové materiály - ADASH s.r.o., Brüel Kjaer, SKF Ložiska a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 12. 5.



podpis

Adresa trvalého pobytu:

Bc. Jan Ripel

Rooseveltova 6

Opava

746 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

RIPEL, J. *Online diagnostika linky pro plnění lahví*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013. Vedoucí práce: Ing. Blata, J., Ph.D.

V této diplomové práci bych chtěl vysvětlit, jak pomocí softwaru a hardwaru firmy Adash, zavést online diagnostiku pohonů v novém provozu. Jedná se o provoz linky na vyfukování, stáčení a uskladnění PET lahví v Plzeňském Prazdroji. Po seznámení se všemi podskupinami výrobní linky v první části diplomové práce, se zaměřím na umístění 32 měřících bodů, kterými je diagnostika celé linky zajištěna. V další kapitole pak předvedu nastavení softwarového rozhraní mezi serverem a diagnostickým systémem A3716 již zmíněné firmy. V závěru provedu vyhodnocení měření.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

RIPEL, J. *Online Diagnostics Lines for Bottling*. Ostrava: VŠB– Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, pages. Supervisor: Ing. Blata, J., Ph.D.

In this thesis, I would like to explain, how to implement online diagnostics of engines and gears by software and hardware from firm Adash. Instalation was performed in Pilsner Urquell factory on link for blowing, filling and storing PET bottles. First part contain familiarisation with all subgroups of production line. Next parts are about positioning 32 measuring point and setting route between firm server and diagnostics system A3716. Finally will be perform evaluating of measurements.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	8
Úvod	9
1 Výrobní linka	10
1.1 Vyplachovačka preforem	10
1.2 Vyfukovací stroj Standard	11
1.4 Čistící jednotka CIP	16
1.5 Paster	17
1.6 Checkmat za plničem	19
1.7 Dopravník obalových nádob	19
1.8 Ofuk před etiketovačkou Linadry	20
1.9 Etiketovačka	21
1.10 Checkmat za etiketovačkou	23
1.11 Balička na jednorázové balení s fólií	25
1.12 Dopravník přepravek	26
1.13 Paletizátor	27
2 Instalace hardwaru	28
2.1 Kabel	28
2.2 Vedení kabelu	30
2.3 Podložka a její přilepení	30
2.4 Konektor	32
2.5 Snímač	33
2.6 Označení snímačů	36
2.7 Umístění snímačů	37
2.8 Diagnostický systém Adash A3716	51
2.10 Komentář k instalaci hardwaru	56
3 Instalace softwaru	58
4 Vyhodnocení a popis měření	63
4.1 RMS a PEAK	64
4.2 Spektrum	66
4.3 TIME L – BEARING a ACMT	70
4.4 Dílčí závěr	73
Závěr	75
Poděkování	76
Použitá literatura:	77

Seznam použitých symbolů a zkratek

AC	střídavý proud	[A]
DC	stejnoseměrný proud	[A]
f	frekvence	[Hz]
g	gravitační zrychlení	[9,81 mm.s ⁻²]
m	hmotnost	[g]
n	otáčky	[min ⁻¹]
P	výkon	[W]
X _{RMS}	efektivní hodnota	[mm, mm.s ⁻¹ , g]
s	vzdálenost	[mm]
t	čas	[s]
T	perioda	[ms]
v	rychlost	[mm.s ⁻¹]
FFT	rychlá Fourierova transformace	[-]

Úvod

V roce 1295 šestý český král z dynastie Přemyslovců Václav II. zakládá královské město Plzeň. Aby podpořil rozvoj, rozhodl se udělit občanům řadu privilegií. Každý občan bydlící uvnitř města a v navazujícím předměstí má právo vařit pivo. Tímto výnosem se odstartovala šňůra událostí, které daly v roce 1842 za vznik novému pivovaru. Skvělá chuť nažloutlého moku mu otevírá cestu nejdříve do Vídně a poté do celého světa. Mezi lety 1856 a 1857 se otevřela nová kapitola pivovarských dějin. Do provozu byl uveden první parostroj o výkonu 15 koňských sil a z našeho pohledu tedy první mechanismus, na který je možné použít metod technické diagnostiky. Vývoj šel kupředu a do povědomí firmy se dostal nový pojem automatizace. Tak jako ve všech továrnách po světě, ani plzeňští nechtěli zůstat pozadu a pro zvýšení výrobní kapacity se zahajuje rekonstrukce stávajících zařízení.

Českem se přežene PET-mánie, a i když to u mnohých milovníků piva vyvolává záporné ohlasy, v Plzni musejí jít s dobou. Od firmy Kronos, se kterou už řadu let spolupracují, kupují výrobní linku, která z plastových polotovarů vyfoukne, naplní a oetiketuje PET lahev. S automatizací podobných linek mají mnohaleté zkušenosti a v pivovaru již řadu let podobné plně automatizované linky na pivo ve skle provozují. Protože s firmou Adash mají řadu let dobré vztahy, nechávají si na PET linku za 150 milionů instalovat online diagnostický systém za necelé dva miliony. Investice je to značná, podnik však dobře ví, že je to jedna z mála možností, jak se bránit možným závadám, které vytváří časové prostoje, čímž se kumulují finanční ztráty z pozastavené výroby.

Instalace systému je rozdělena do dvou etap. Nejdříve je nutné osadit měřené mechanismy snímači, poté je kabelem spojit s AC/DC převodníkem. Připojením ethernetu do přístroje přenášíme data na podnikový server, odkud nastavujeme cestu do jednotlivých počítačů vyškolených zaměstnanců, kteří pomocí DDS softwaru sledují časové záznamy, spektra a další přednastavená měření takřka v reálném čase.

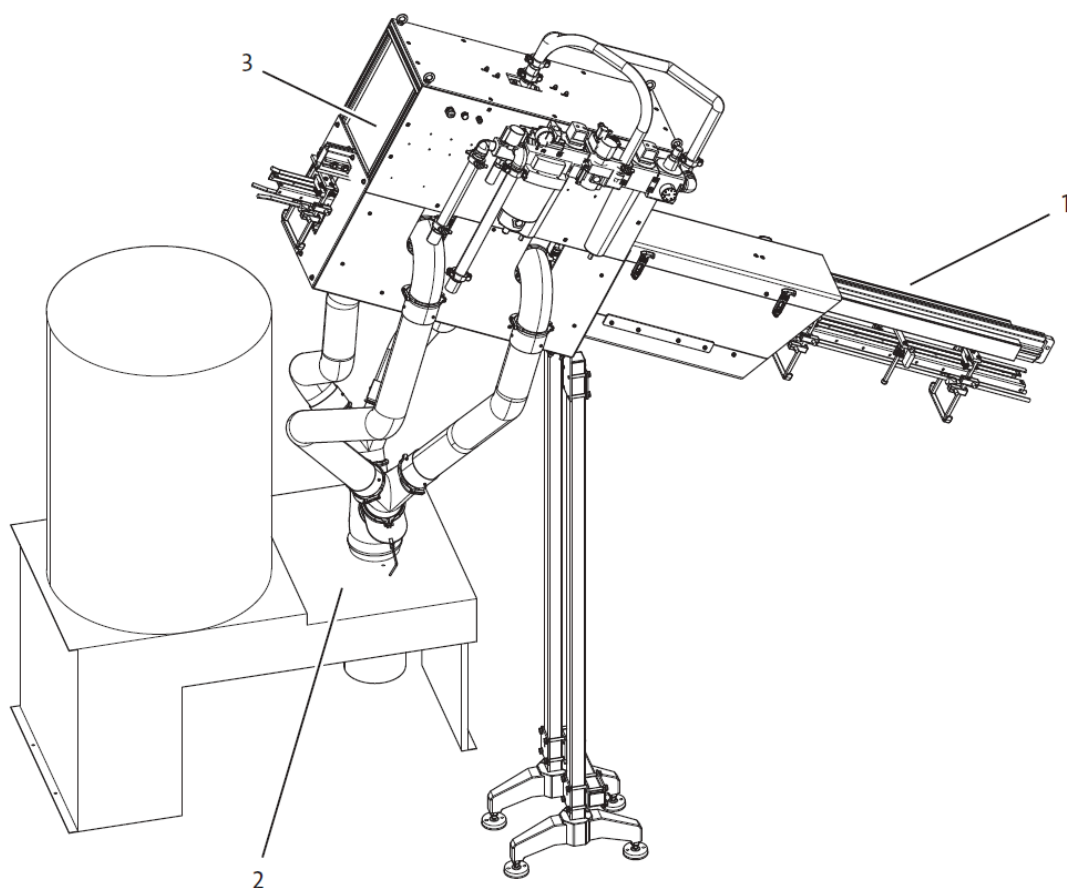
1 Výrobní linka

PET linka firmy Krones je schopna vyrobit 18000 lahví za hodinu. Linka je plně automatizovaná a je tedy řízena z velína. Vlastní údržba se provádí jen v odstávkách, které jsou předem naplánovány tak, aby přerušení výroby bylo co nejkratší. Povědomí o stavu pohonů, jejich ložiscích a převodech je proto nutná. Výrobní proces začíná dopravením preforem pomocí pásového dopravníku do vyfukovačky, kterému předchází vypláchnutí prachu a nečistot. Zde se v uv peci předejde a na šestnáctihlavém carouselu vyfoukne do finální podoby. Technologicky nejteplejší místo, které je dno nádoby, se cestou do plniče ochlazuje vodou. V tuto chvíli musím zmínit dvě zařízení, které do linky vstupují paralelně. Je to čistící jednotka CIP a paster. Po tom, co se nádoba naplní pivem, přijde na řadu první checkmat, který zkontroluje předešlé výrobní procesy. Dopravníkem lahví, přes ofuk před etiketovačkou, se dostáváme k etiketovacímu zařízení. Po kontrole správného oetiketování dalším checkmatem jsou nádoby v balícím stroji seskupeny a přemístěny k paletizátoru, kterým linka končí.

Použitím dvou systémů A3716 jsme schopni zajistit 32 měřících míst, které byly předem pečlivě vybrány. Osazeny jsou především pohony, ložiska a převodovky carouselů, elektromotory kompresorů a některé menší elektromotory. Všech 12 po sobě jdoucích zařízení jsou v této kapitole blíže specifikovány. Na všechny se však nedostalo, takže snímači jsou opatřeny pouze nejdůležitější zařízení, jejichž oprava by pozastavila výrobu na několik dní.

1.1 Vyplachovačka preforem

Před vstupem do uv ohřívací pece, která je součástí vyfukovačky, se preformy čistí pomocí elektricky kladně nabitého vzduchu v ohřívacím modulu ionizovaným vzduchem. Ten je při průchodu vyfukovacího zařízení foukán dovnitř, odstraní náboj z preforem, čímž zabrání přitahování dalších prachových částic a zároveň naváže a vyfoukne již usednuté prachové částice. Vzduch je poté odsán a odveden do jímky na prach.



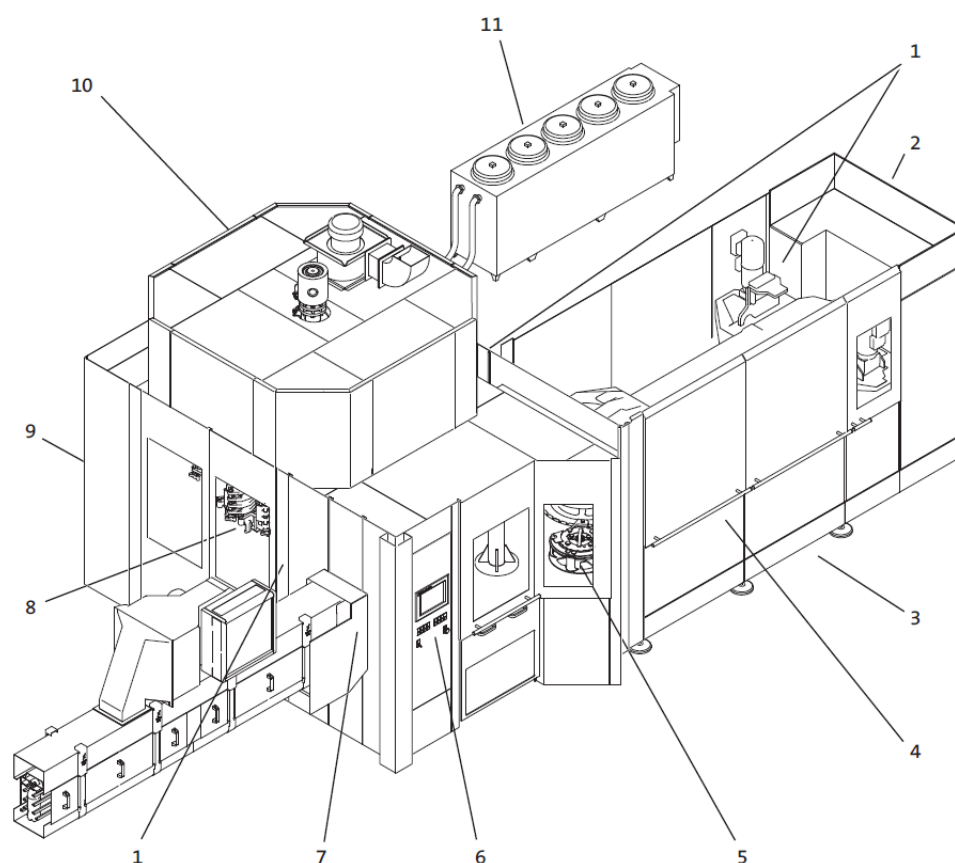
Obr. 1.1 Vyfukovací zařízení preforem [1]

1. Přívodní vedení
2. Odsávání
3. Vyfukovací modul

1.2 Vyfukovací stroj Standard

Contiform Standart je vyfukovací stroj, který vyrábí nevratné PET lahve až do objemu 3litry, které jsou určeny k plnění za studena (teplota plnění 4 až 20°C). Po ohřátí preformy v uv předehtřivači je dopravována do vyfukovací stanice. Tam jsou ve formách (ochlazených na 8 až 12°C) vyfukovány do potřebného tvaru.

Schéma a popis stroje:



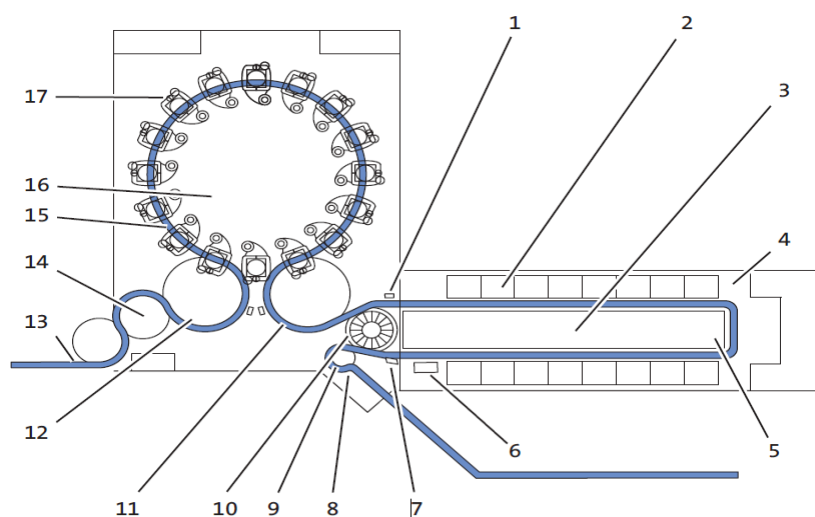
Obr. 1.2 Vyfukovací stroj Standard [1]

- | | |
|---|--|
| 1. Přenosná ovládací jednotka
s vypínačem pro nouzové
zastavení | 6. Ovládací panel s nouzovým
zastavením |
| 2. Skříňový rozvaděč | 7. Výstupní prostor |
| 3. Ohřívací modul | 8. Část pro vyfukování |
| 4. Ochranný kryt | 9. Ovládací panel pneumatického
okruhu |
| 5. Vstupní prostor pro preformy | 10. Ovládací panel vodního okruhu |
| | 11. Chladicí zařízení |

Základní funkce:

Preformy přicházejí do stroje vstupním prostorem. Deska vstupní hvězdice třídí preformy a tedy každý uchopovač může odebrat jednu preformu. Pneumatický mechanismus uchytí preformu u hrdla, což je jediná část preformy, která při výrobě PET lahve nemění svůj tvar. V ohřívacím modulu jsou pak všechny preformy předehřáty. Ty pak odchází přes výstupní hvězdici (vstupní hvězdici vyfukovače) do vyfukovače. Za provozu stroje se vyfukovací stanice (forma a vyfukovací zařízení) umístěny na kolotoči otáčejí. Každá stanice přebere ze vstupní hvězdice preformu, kterou vyfoukne do tvaru PET lahve a po ukončení jedné otáčky ji odevzdá do výstupní hvězdice. Láhev jde dále přes hvězdice ochlazovače do plniče. Řídící křivky ovládají časové body a trvání jednotlivých kroků procesu vyfukování.

Schéma trasy obalových nádob ve stroji:



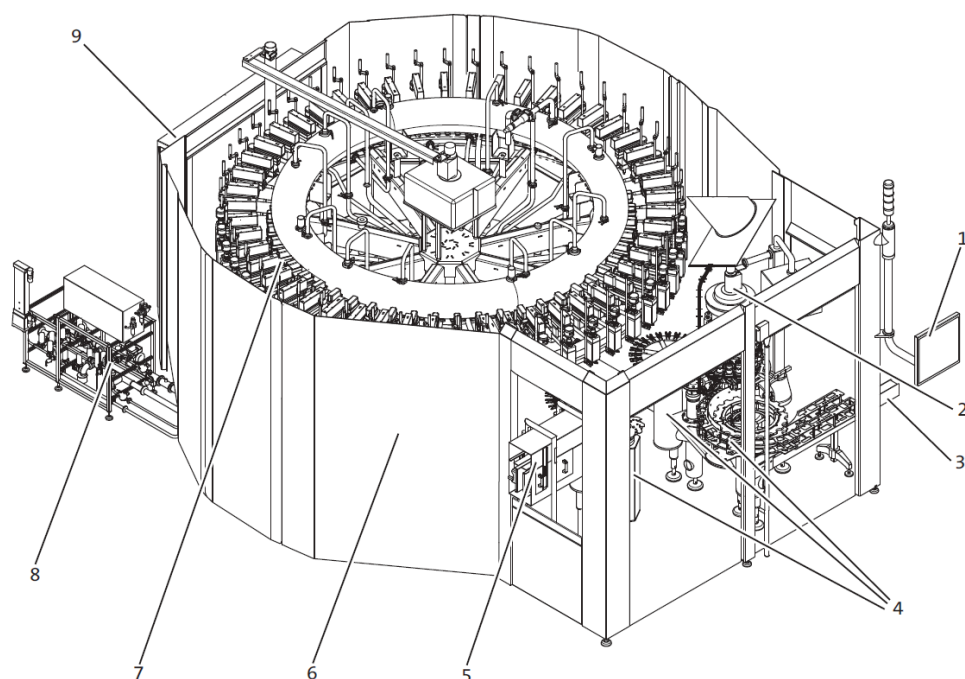
Obr. 1.3 Schéma trasy vyfukovaly [1]

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Pyrometr | 10. Hnací jednotka(měřený bod) |
| 2. Ohřívače | 11. Vstupní hvězdice |
| 3. Chlazení povrchu preforem a hrdel | 12. Výstupní hvězdice |
| 4. Vyrovnávací prostor a pohony otáčení | 13. Výstup stroje |
| 5. Vratná jednotka | 14. Předávací systém |
| 6. Stahovací zařízení preforem | 15. Část pro vyfukování |
| 7 Světelná zábrana pro řízení podávání | 16. Řídící křivky pro řízení chodu |
| 8. Zastavovač vstupu | 17. Vyfukovací stanice |
| 9. Souprava vstupních dílů | |

1.3 Plnicí jednotka

Pomocí podavačů lahví, uchycených za hrdlo, se z vyfukovače přes chlazení den, z technologického hlediska jediná část lahve, která musí být po vyfouknutí ochlazena, nádoba vstupním prostorem dostane do plniče. Zde, v průběhu necelé otáčky plniče, jsou umístěny pod plnicí ventil a naplněny. Poté jsou předány do uzavíráčky a po opatření víčkem opouští stroj výstupem.

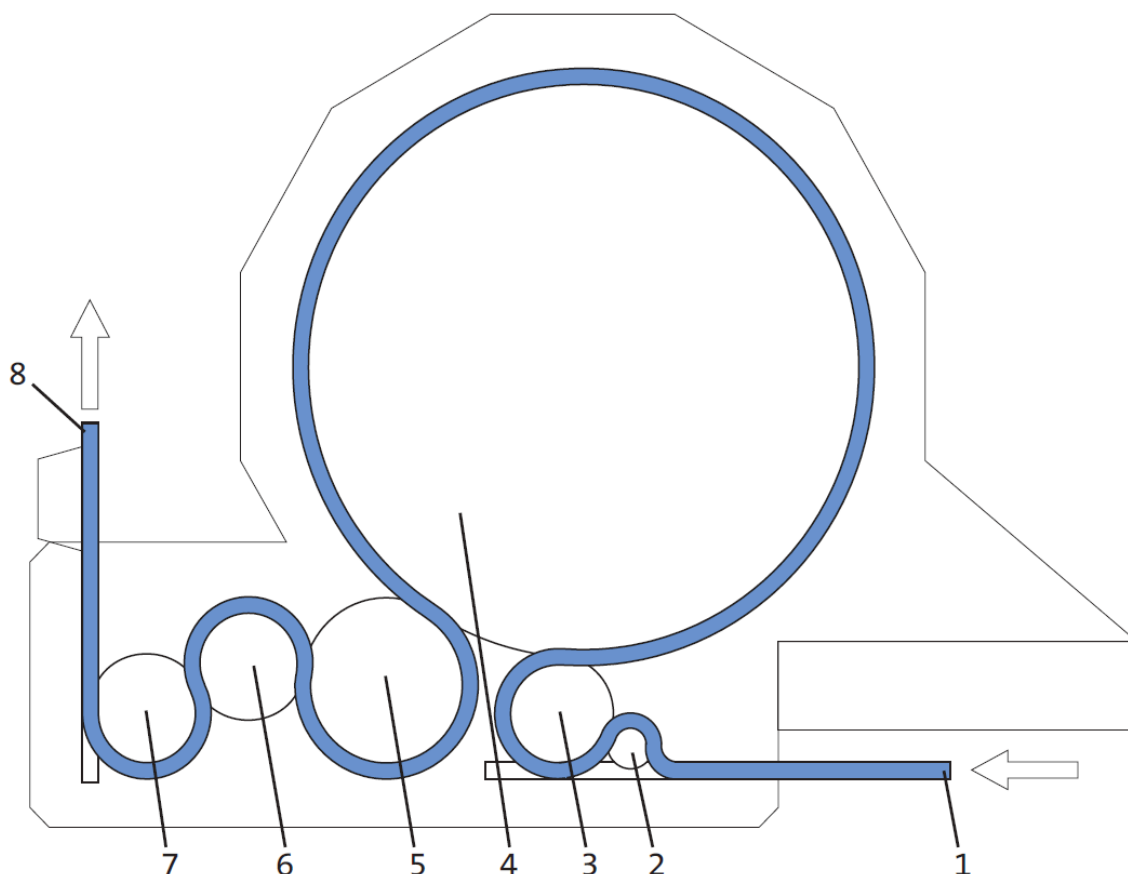
Schéma a popis:



Obr. 1.4 Plnicí jednotka [1]

- | | |
|--|--|
| 1. Ovládací panel | 6. Ochranný kryt |
| 2. Uzavíračka | 7. Otočný stůl |
| 3. Výstupní prostor | 8. Ventilové skupiny a potrubní systém |
| 4. Sloup s hvězdicemi pro zavěšení lahví | 9. Skříňový rozvaděč |
| 5. Prostor vstupu | |

Schéma trasy obalových nádob ve stroji:



Obr. 1.5 Trasa obalových nádob v plniči [1]

- | | |
|--|--|
| 1. Přívod lahví pneumatickým dopravníkem | 5. Výstupní hvězdice otočného stolu |
| 2. Rozdělovací hvězdice se zastavovačem | 6. Uzavíračka |
| 3. Vstupní hvězdice | 7. Spouštěcí hvězdice |
| 4. Otočný stůl s plnicími stanicemi | 8. Výstup obalových nádob s dopravním páse |

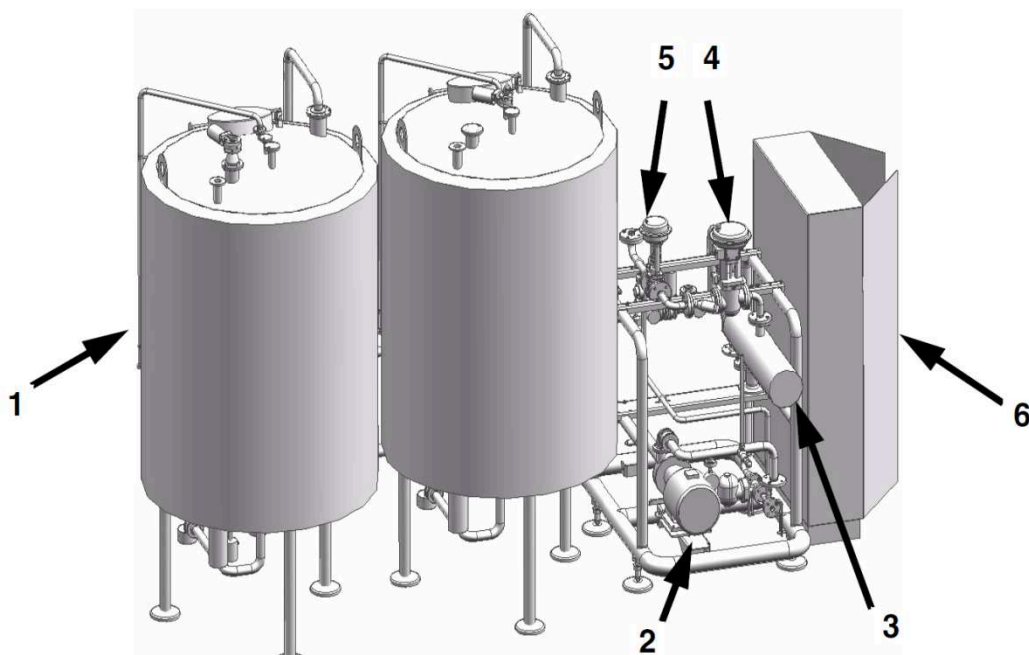
Nádoby jsou ke vstupu dopravovány pneumatickým dopravníkem. Zde je uchopí rozdělovací hvězdice se zastavovačem. Ta zvětší vzdálenost mezi nádobami tak, aby přesně odpovídala rozteči vstupní hvězdice a plnicích stanic.

Aby mohl plnič správně fungovat, předchází vlastnímu plnění operace čištění. Tu zajišťuje čistící jednotka CIP. To ale není jediný stroj linky, který do výrobního procesu vstupuje přes plnič. Umrtvení veškerých živých organismů v pivu, které zraje v CK tancích, zajišťuje pasterizační linka. Ta umožňuje přívod zlatavého moku do plniče.

1.4 Čistící jednotka CIP

Zařízení CIP (Cleaning In Place) KRONES umožňuje čištění rozvodů strojů, jako jsou např. plniče, vyfukovačky či mixéry a také čištění potrubních systémů. Výhodou je nepotřebnost demontáže rozvodů a minimální zásah do provozního stavu stroje. Použitá média jsou v uzavřeném okruhu odvedena ze zařízení CIP do stroje a opět z něj odtékají. Čistící média jsou pak podle výběru provedení stroje skladována v nádržích. Stroj umožňuje i ohřev v interním okruhu. Provozní tlaky zajišťuje podávací čerpadlo (automaticky či ručně řízené). Připravená média jsou v odpovídajícím pořadí čerpána přítokovým potrubím do strojů, které jsou připojeny k systému CIP. Vlivem působícího tlaku a objemového proudění vznikají víry, které zvyšují účinnost použitých prostředků.

Schéma a popis stroje:



Obr. 1.6 Jednotka CIP [1]

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1. Zásobník média | 4. Parní regulační ventil |
| 2. Podávací čerpadlo výměníku | 5. Parní uzavírací ventil |
| 3. Trubkový výměník tepla | 6. Skříňový rozvaděč |

Základní funkce:

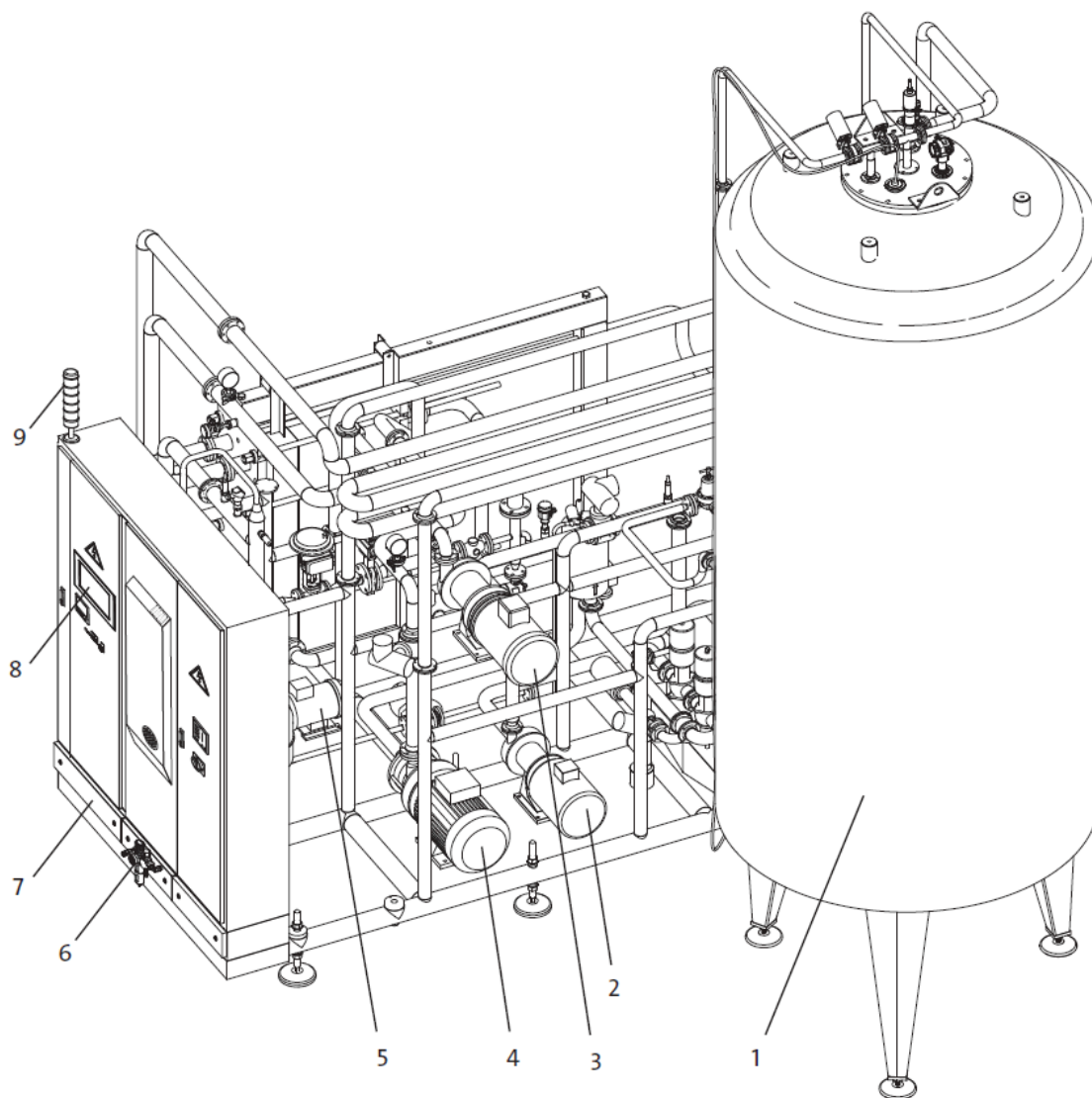
Zařízení CIP se používají především pro čištění plnicích a ohřívacích zařízení, zařízení pro úpravu nápojů, vyplachovaček a potrubí mezi stroji. Čistící média musejí být dopravována v předem stanovených koncentracích. V závislosti na provedení CIP je možné volit kroky v tomto pořadí:

- předběžné čištění vodou ze zásobníku
- čištění horkým louhem
- mezioplach vodou
- čištění kyselinou
- mezioplach vodou
- oplach horkou vodou / dezinfekčním prostředkem
- oplach čerstvou vodou, která rovněž zajišťuje ochlazení pro výrobu

1.5 Paster

Před stáčením dochází k deaktivaci nebo k usmrcení choroboplodných zárodků, aby byla dosažena požadovaná mikrobiologická trvanlivost produktu. Pasterizační zařízení tedy provede sled operací, potřebným k tomuto zakonzervování.

Schéma a popis stroje:



Obr. 1.7Pastér [1]

- | | |
|---|--|
| 1. Vyrovnávací tank | 5. Čerpadlo na horkou vodu (měřicí bod) |
| 2. Plnicí čerpadlo (měřicí bod) | 6. Zařízení pro úpravu tlakového vzduchu |
| 3. Čerpadlo zvyšující mezitlak (měřicí bod) | 7. Skříňový rozvaděč |
| 4. Čerpadlo zvyšující vstupní tlak (měřicí bod) | 8. Ovládací panel s vypínačem |
| | 9. Světelný maják |

Základní funkce

Při pasterizaci tedy produkt prochází následujícími procesy:

- Ohřátí produktu ve výměníku podle principu pasterizace na stanovenou teplotu a udržení v ohřátém stavu po stanovenou krátkou dobu.
- Odplynění a homogenizace (v závislosti na provedení stroje)
- Chlazení.
- Příprava na stáčení ve vyrovnávacím tanku.

1.6 Checkmat za plničem

Tyto zařízení jsou v procesu výroby zastoupeny dvakrát a proto další informace o tomto stroji hledejte na odkazu 1.10.

Základní funkce:

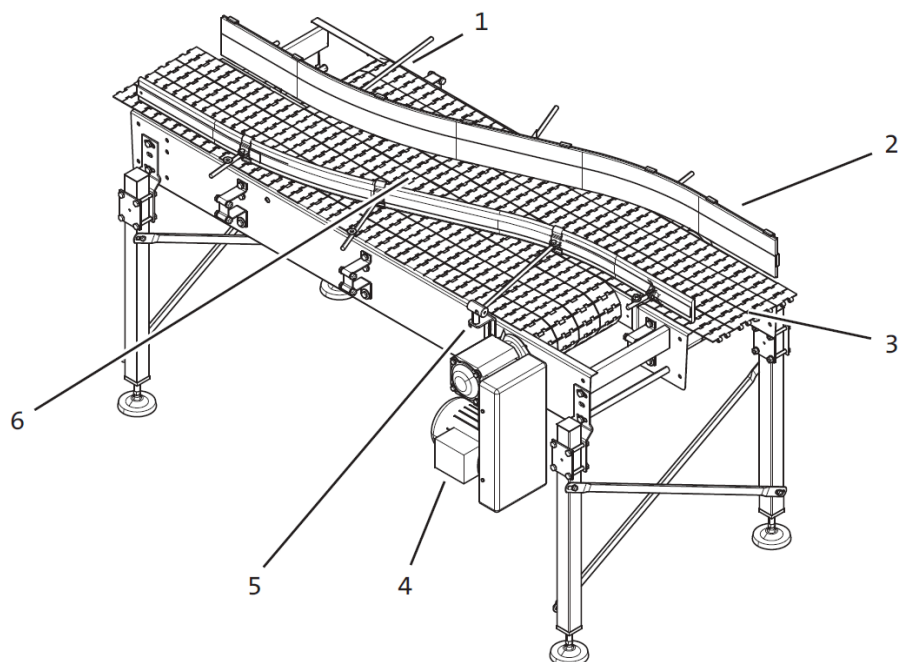
- Kontrola výšky plnění
- Kontrola uzávěrů na obalových nádobách na přívodu
- Kontrola loga uzávěru
- Detekce trubky zpětného vzduchu (cizí těleso)
- Správa plnicích a uzavíracích orgánů
- Kontrola odebírání
- Odebírání

1.7 Dopravník obalových nádob

Dopravníky pracují jako spojovací článek mezi některými stroji linky. Pomocí řetězů a pásů nádoby překonávají jak délkové, tak výškové rozdíly mezi stroji. Na dopravníku se vytváří tzv. vyrovnávací zásoba nádob, což vede k plynulému chodu zařízení při poruše. Několikero provedení dopravníků firmy KRONES vytvářejí jednu řadu obalových nádob z několika řad a řízeným způsobem je dopravují do stroje v nepřerušované řadě. Různé patenty a systémy firmy pak podle potřeby můžou řady rozdělovat, zrychlovat, zpomalovat,

zvýšit tlak na vstupu atd. Podle přepravovaného zboží si pak v provedení vybíráme mezi ocelovými, plastovými či rohožovými řetězy.

Schéma a popis:



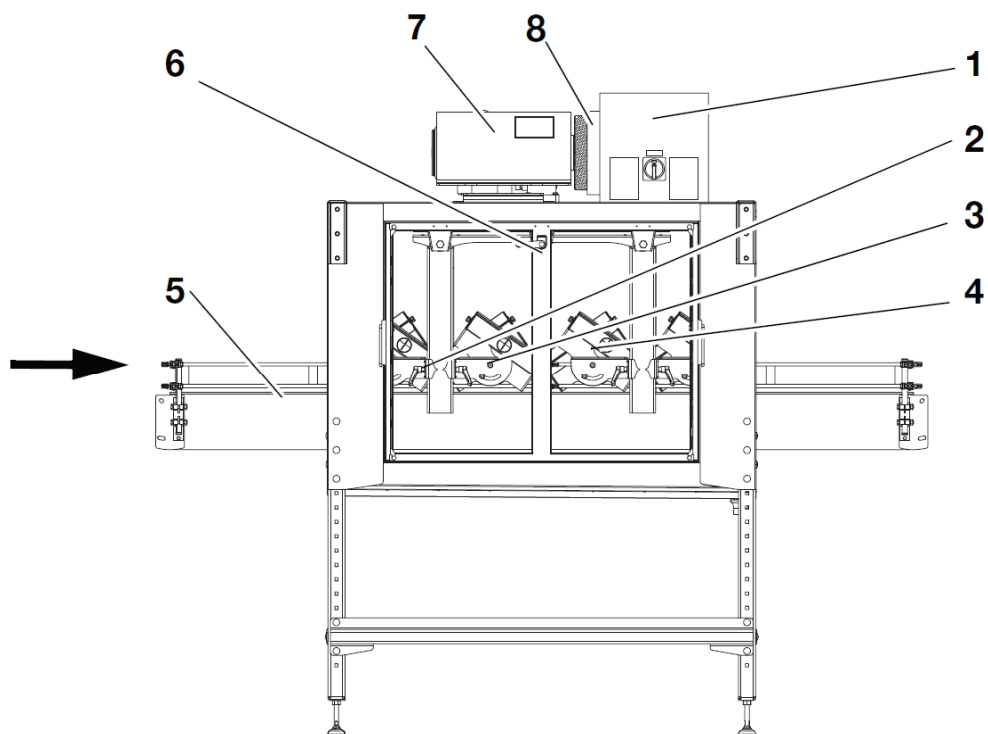
Obr. 1.8 Dopravník [1]

1. Řetězová a vodící kola
2. Vedení obalových nádob
3. Dopravní řetěz
4. Pohon
5. Přestavění vodících zábradlí
6. Přesouvací zařízení

1.8 Ofuk před etiketovačkou Linadry

Aby etiketa dobře držela na nádobě, je nutné, aby při lepení byly povrchy suché a čisté. To zajišťuje přímoběžná ofukovací stanice. Silný proud vzduchu obtékající nádobu odstraňuje vodní kapky na nádobě, zbytky vody a maziva v uzávěru. Díky snadnému přístupu a zjednodušené montáži je seřízení na jiný druh obalových nádob velice rychlý. Podle způsobu použití pak můžeme připojit několik jednotlivých modulů.

Schéma a popis:



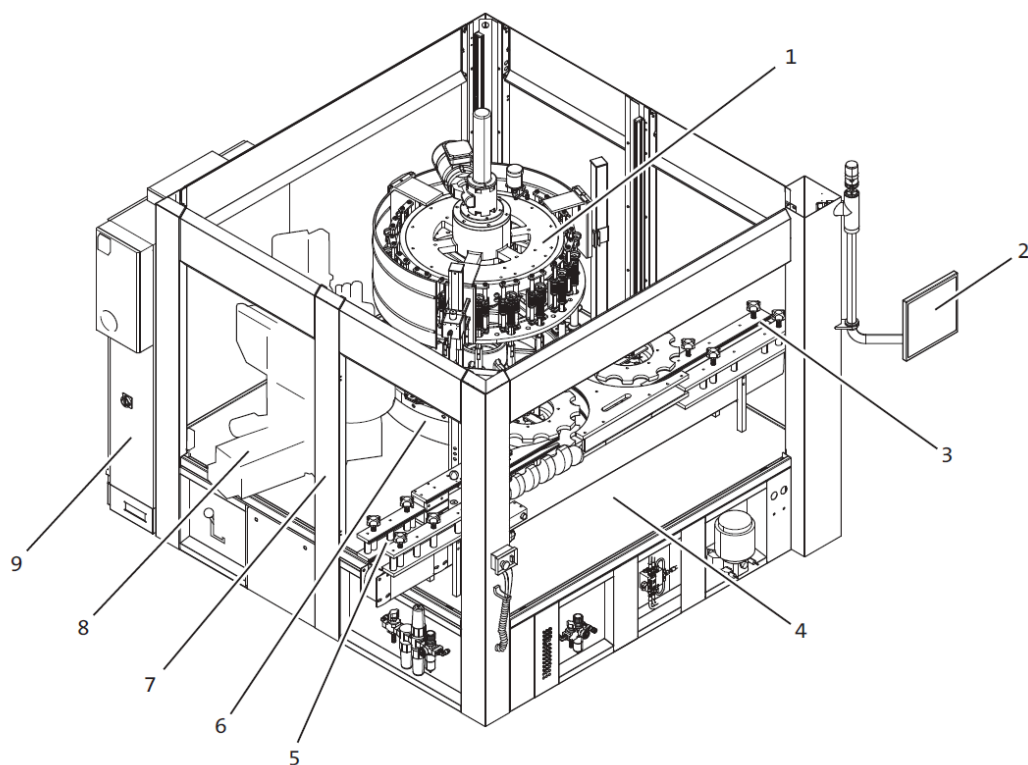
Obr. 1.9 Ofuk před etiketovanou [1]

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Svorkovnicová skříň | 5. Dopravník |
| 2. Výškové nastavené vzduchových trysek | 6. Nastavení průměru obalových nádob |
| 3. Úhlové nastavení vzduchových trysek | 7. Měnič kmitočtu |
| 4. Vzduchové trysky | 8. Motor dmýchadla |

1.9 Etiketovačka

Dopravní pásy na vstupu do stroje přivážejí obalové nádoby. Množství takto přivedených nádob je řízeno a kontrolováno systémem, řídícím celý výrobní proces. Vhodným postupem je pak nádoba opatřena etiketou. Vlastní zařízení je pak tvořeno přichytnými talíři na obalové nádoby, zdvihací křivkou (která zajišťuje šetrné přebírání a předávání obalových nádob), přihlazovacím a navalovacím zařízením, etiketovacím zařízením, kontrolním zařízením a vyrovnávací hvězdící.

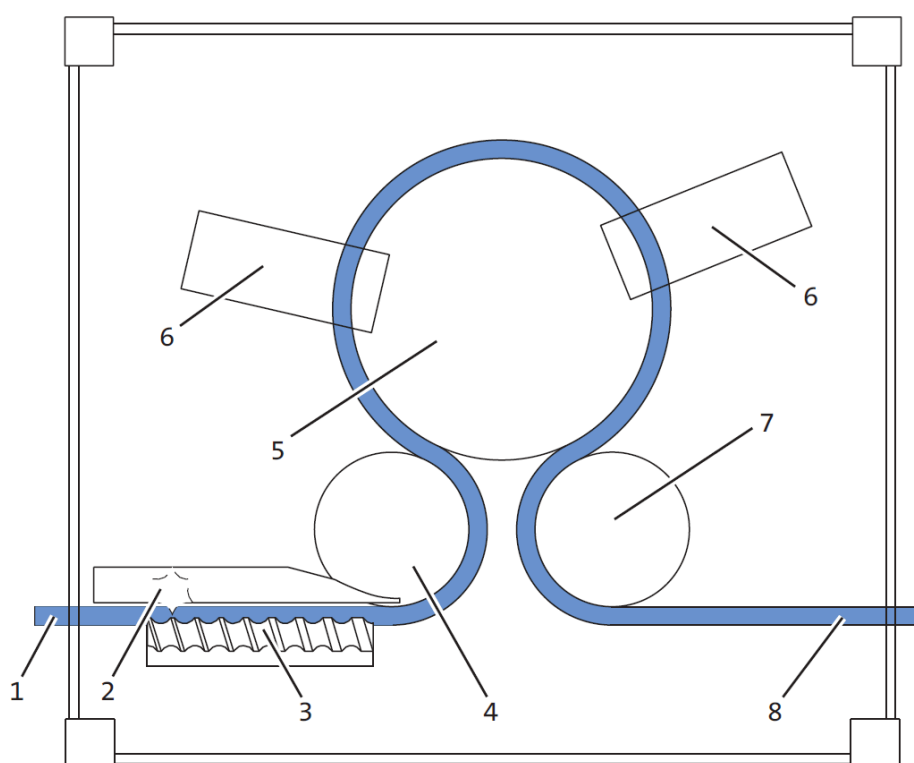
Schéma a popis:



Obr. 1.10 Etiketovačka [1]

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1. Horní část | 6. Stůl pro nádoby |
| 2. Ovládací panel | 7. Ochranné kryty |
| 3. Výstupní prostor | 8. Etiketovací agregát |
| 4. Deska stolu | 9. Skříňový rozvaděč |
| 5. Vstupní prostor | |

Schéma trasy obalových nádob ve stroji:



Obr. 1.11 Trasa obalových nádob v etiketovačce [1]

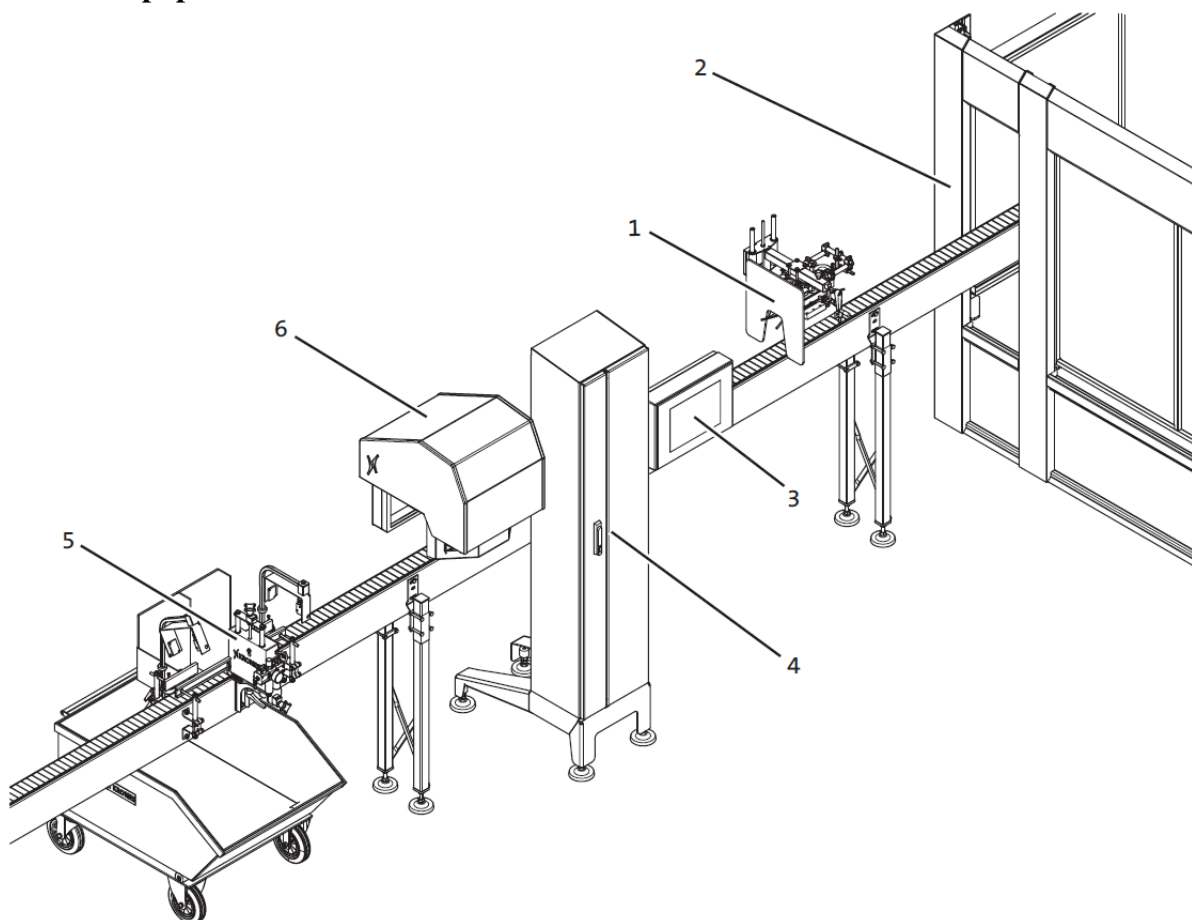
- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Vstup nádob | 5. Stůl pro nádoby |
| 2. Zastavovače nádob | 6. Etiketovací agregát |
| 3. Rozdělovací šnek | 7. Výstupní hvězdice |
| 4. Vstupní hvězdice | 8. Výstup nádob |

Otevřený zastavovač přivede nádoby k rozdělovacímu šneku. Rozdělovací šnek zvětší vzdálenost mezi nádobami tak, aby přesně odpovídala rozteči vstupní hvězdice. Na stole pro nádoby jsou nádoby pevně sevřeny mezi talířem a středící hlavou. Stůl a talíře s nádobami se za provozu otáčejí a etiketovací agregáty opatří nádoby etiketami.

1.10 Checkmat za etiketovačkou

Checkmat je systém pro kontrolu kvality předchozích výrobních operací. Buď je umístěn jako součást podsestavy uvnitř řídicího stroje, nebo ve vyhrazené oblasti u dopravníku. Vyhodnocení kontroly pak probíhá buď v řídicím stroji, checkmatem, který provede vyhodnocení sám, či kombinací obou variant. V případě nálezu vady nádoby či etikety, je nádoba odebrána, nebo se zastaví konkrétní stroj či dopravní pás.

Schéma a popis:



Obr. 1.12 Kontrolní zařízení Checkmat [1]

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Ofukování obalových nádob | 5. Odebírací systém (např. plnič) |
| 2. Cídicí stroj (například plnič) | 6. Kontrola výšky plnění a kontrola uzávěrů (např. s kamerou) |
| 3. Dotyková obrazovka | |
| 4. Rozvodná skříň | |

Základní funkce:

Součástí checkmatu firmy Krones je softwarový systém DART. S pomocí různých optických a mechanických čidel je schopný provádět funkce jako:

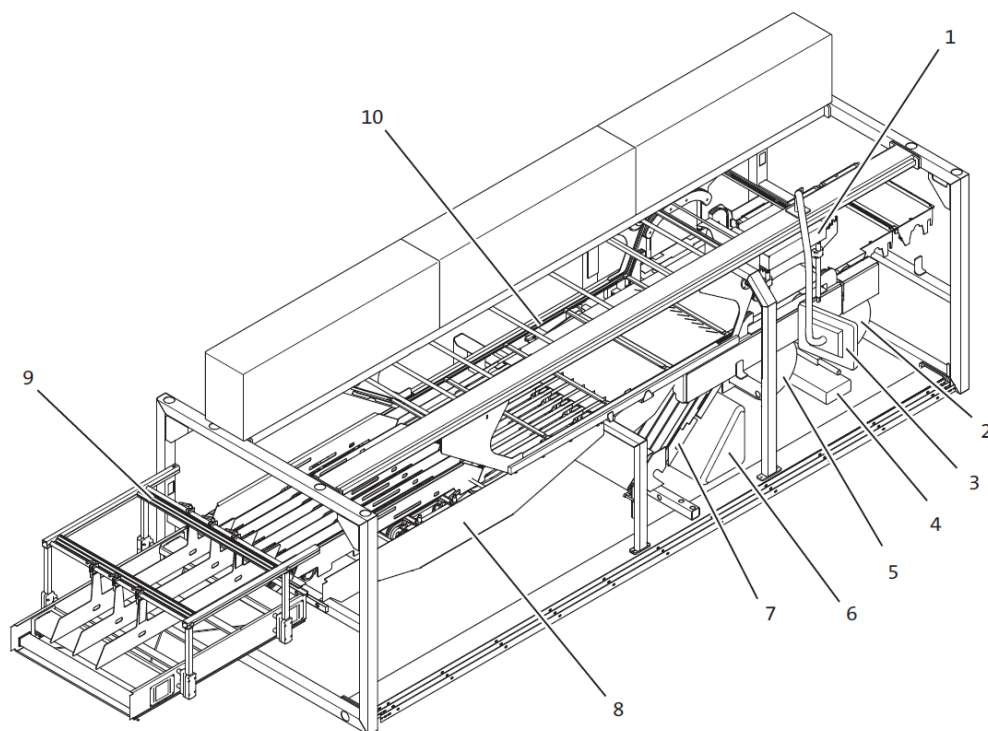
- Kontrola výšky plnění
- Kontrola etiket
- Kontrola čárového kódu
- Kontrola datování
- Kontrola uzávěrů na obalových nádobách na přívodu

- Kontrola loga uzávěru
- Detekce trubky zpětného vzduchu (cizí těleso)
- Správa plnicích a uzavíracích orgánů
- Kontrola odebírání
- Odebírání

1.11 Balička na jednorázové balení s fólií

Ať už u lahví, PET lahví nebo plechovek, balička je určena k seskupování těchto nádob a následovnému ukládání do přepravek. Modul pro balení do fólie, v zadní části stroje, ovine přepravku fólií. Ihned navazuje smršťovací tunel, kde je fólie ohřívána, čímž se zajistí těsné přilnutí fólie k přepravce.

Schéma a popis stroje:

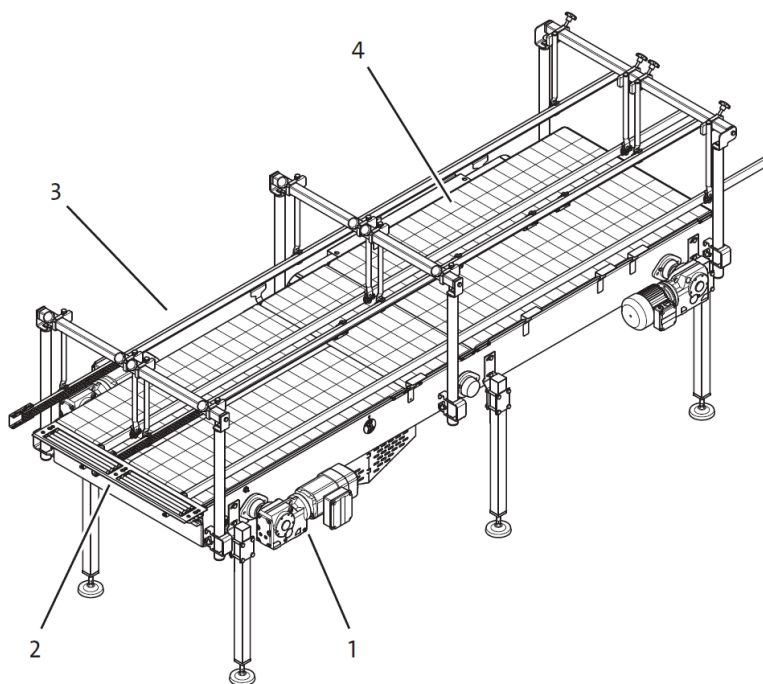


- | | |
|---|--|
| 1. Modul pro balení do fólie | 6. Napínací válec |
| 2. Trn Fólie 1 | 7. Stanice na oddělování fólie |
| 3. Ovládací pult | 8. Doprava obalových nádob ve stroji |
| 4. Stanice na svařování fólie(ruční nebo automatické) | 9. Přísun obalových nádob před strojem |
| 5. Trn fólie 2 | 10. Posunovací |

1.12 Dopravník přepravek

Systém pro dopravu přepravek mezi stroji a místy k dalšímu zpracování je ve třech variantách a to v pro vedení válečkových, pásových nebo řetězových dopravníků. Nekonečný pás je tvořen řetězovým a vodícím kolem. Pohon řetězového kola napne řetěz dopravníku na horní straně mezi vodícím kolem a řetězovým kolem a tím ho uvede do pohybu.

Schéma a popis:

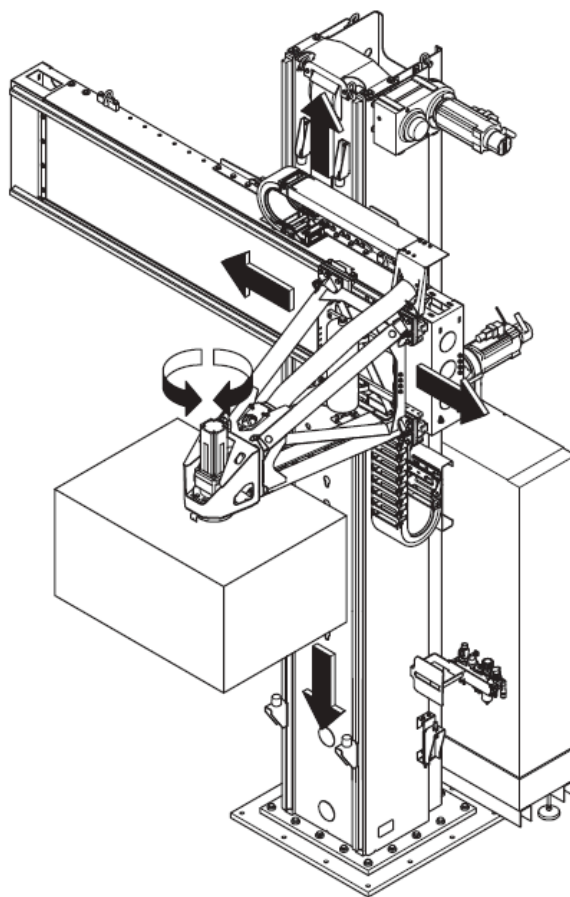


Obr. 1.14 Dopravník přepravek [1]

1. Pohon
2. Přesouvací plech
3. Vodící zábradlí
4. Řetěz dopravníku

1.13 Paletizátor

Je to stroj na skládání přepravek do palet. Další zařízení už jsou speciální pásové i válečkové dopravníky a výtahy. Ty dopraví paletu do skladiště, kde se pomocí ještěrky uskladňuje.



Obr. 1.15 Paletizátor [1]

2 Instalace hardwaru

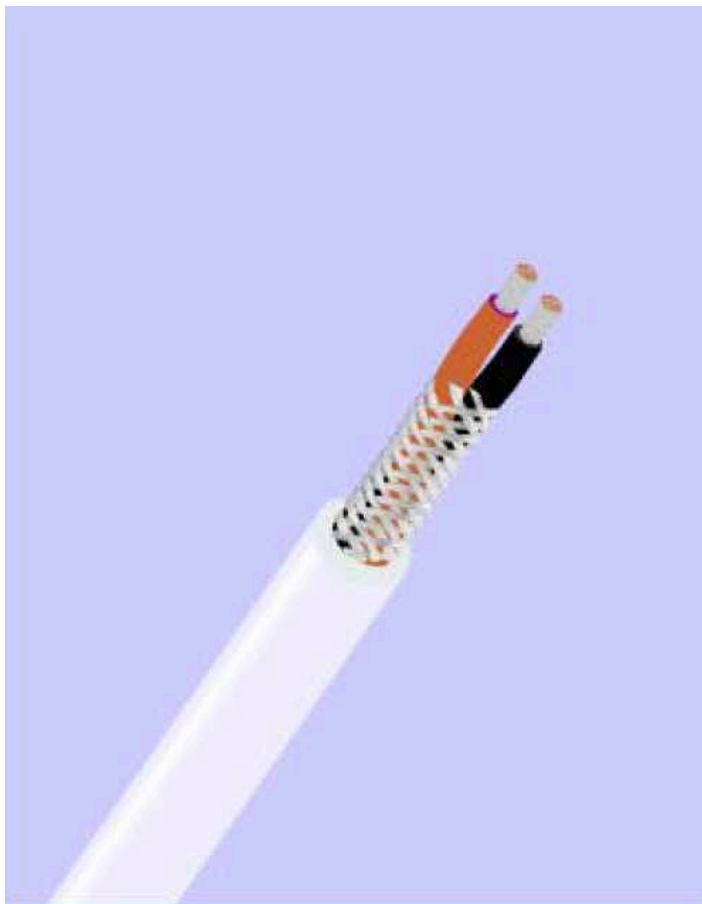
Tato kapitola začíná rozvahou, které se musí účastnit obě strany. V našem případě to je diagnostik specialista firmy Pilsner Urquell a technik firmy Adash. V některých provozech natahování desítek metrů dlouhých kabelů není tak jednoduché. Z různých důvodů jako je prach, teplota a další není možné vést kabel po povrchu stroje a díky jejich nepřítomnosti ani po kabelážních vedeních. Pomocí vrtacího kladiva po zdi a vrtačky na kovových rámech vytváříme trasu z dutých plastových trubek, v níž vedeme několik kabelů až k místu, na kterém se po dohodě umístí kovový rám, na který se připevní plechová bedna, v níž je připevněný přístroj A3716. To však v Plzni řešit nemusíme. Linka je velice moderní a vzhledem k řízení celé továrny z velína, jsou kabelové žlaby a tunely prakticky všude.

2.1 Kabel

Po konzultaci s diagnostikem, nebo s vedoucím linky, zjistíme kudy vést kabel a kde bude závěr naší trasy, tedy kde bude umístěn náš AC/DC převodník. Metrem si tedy změříme celou trasu. Zjistíme, kde jsou delší místa, kde se kabel táhne nechráněn, a tedy kde budeme muset připevnit kabelážní ochranu. Naštěstí je zde takových míst opravdu málo. Po změření trasy kabel uřízneme na požadovanou vzdálenost. Vzdálenost všech komponent linky od krabice s přístrojem v našem případě nebyl příliš dlouhý. Nejbližše se nacházela vyfukovačka s plnicím, na jejíž snímače stačilo okolo 17 metrů kabelu. Na měřicí body etiketovačky a pasteru jsme potřebovali okolo 28 metrů. K nejvzdálenějším dvěma bodům, umístěným na čistící jednotce CIP, už to však bylo rovných 56 metrů.

Námi používaný kabel firmy nkcables je velice odolný. Kabel je určen pro vzájemné propojení elektrických sdělovacích prvků, obvodů a zařízení, pracujících ve ztížených podmínkách. Má velice velký teplotní rozsah, je odolný proti působení chemických vlivů a také mechanickému poškození. Můžeme jej tedy použít v aplikacích, při kterých dochází ke značnému mechanickému namáhání propojovacího vedení, čili na přívodu k čidlům a sondám. Ztráty při přenosu signálu jsou naopak velice nízké díky vynikajícímu dielektriku, což zaručuje nízké kapacitní ztráty FEP izolace. Vysokou vodivost jádra kabelu pak zaručuje postříbřená měď. Další kladné vlastnosti jsou odolnost proti impregnačním činidlům a jiným, běžně používaným činidlům. Ze zkušeností v pivovarnictví však vím, že tzv. sanace je pro kabel, ale hlavně pro konektor, velmi agresivní. V konektoru je totiž kabel obnažen a i přes

důmyslné těsnění, je právě dezinfekční látka, používaná při sanaci, upravena tak, aby vzlínala i do těch nejmenších spár. Dochází tady jak k přerušení signálu, tak k rezivění konektoru.



Obr. 2.1 Propojovací kabel firmy nktcables [2]

Nyní stručně o konstrukci kabelu:

Jádra: měděná lanovaná postříbřená

Izolace žil: fluoroplast FEP, žíly jsou vzájemně stočeny

Stínění: opletený nebo opředený CU pocínovanými dráty

Plášť: fluoroplast FEP

Maximální provozní napětí:

300V - do průřezu $0,22\text{mm}^2$

500V – do průřezu $0,34\text{mm}^2$

Teplotní použití:

-60°C až $+200^{\circ}\text{C}$

Kabel je dále odolný proti šíření plamene, proti plísni i proti UV záření. Kabel není vhodný pro vedení silové energie. Vůbec nevhodné, je kabel vézt okolo kabelu, který silovou

elektřinu vede. Stínění obou kabelů je kvalitní, napájení výkonných motorů a řídicích jednotek však mohou přesto zkreslit signál, což musíme vyloučit.

2.2 Vedení kabelu

Pro vedení kabelu na nechráněném místě trasy používáme elektroinstalační trubky a chráničky firmy Kopos. Známe-li již domluvenou trasu kabelu, můžeme přistoupit k instalaci trubkových držáků. Trubkový držák připevníme buď ke stěně pomocí hmoždinky a závrtného šroubu, nebo přímo na stroji vyvrtáme díru a vyřežeme závit. Trubkový držák poté přišroubujeme obyčejným šroubkem. Trubky pak nařežeme na správnou vzdálenost a pomocí trubkových kolen je spojíme v jednotné vedení. Trubky nakupujeme podle toho, v jakém prostředí je budeme instalovat a kolik kabelů povedeme v jedné trubce, podle toho totiž vybereme průměr. Rozmanitost trubek pak spočívá v několika parametrech, které si volíme podle prostředí, ve kterém budeme systém instalovat.

Volitelné parametry:

- Mechanická odolnost v N/cm
- teplota okolí v °C
- délka a průměr
- stupeň hořlavosti a šíření plamene

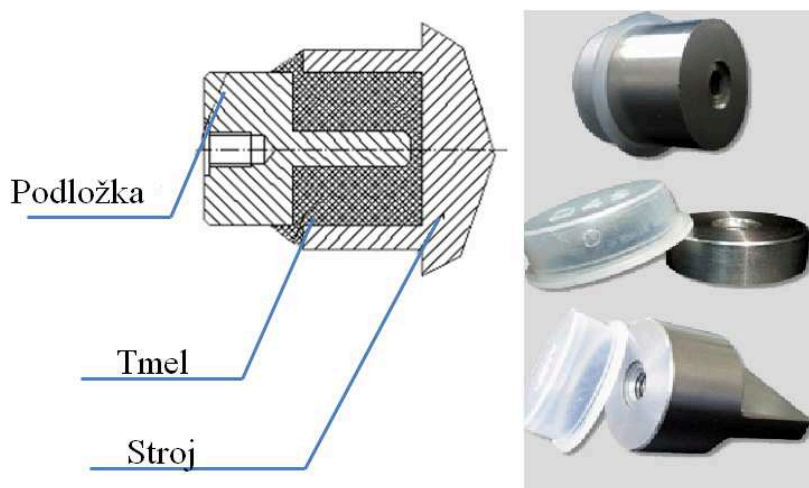


Obr. 2.2 Trubkové vedení kabelu [3]

2.3 Podložka a její přilepení

Přilepení podložky musí být provedeno velice kvalitně. Celý snímač s podložkou a konektorem váží přibližně 160 gramů. Při silných vibracích by snímač mohl upadnout,

nemluvě o dlouhodobém dynamickém namáhání spoje. Podložky pod snímač se dělají ve třech variantách. Je to podložka s dírou, podložka bez díry a podložka s uchycením ve spáře(nejčastěji je spárou myšleno žebrování motoru). V případě, že provádíme diagnostiku, pomocí pravidelných pochůzek, můžeme použít podložku bez závitu, protože se na ni přichytáváme pomocí magnetu, který je připevněn na snímači. V našem případě jsou však všechny podložky opatřeny závitem a červíkem připojeny ke snímači.



Obr. 2.3 Popis přilepené podložky a druhy podložek

Na přilepení podložky používáme dvousložkové lepidlo na bázi kovu. Je to dvousložkový tmel firmy thorex. Lepidlo s označením Metal-Tech SG je rychlotvrdnoucí opravárenská kovová směs ve formě tyčinky. Po uříznutí tyčinky v ní v prstech promícháme obě složky a materiál začne tuhnout. Mícháme, dokud se světle a tmavě šedá nepromění v homogenní barvu. Poté máme asi 4 minuty, než začne tuhnout. Při samotném lepení pak musíme dbát na to, aby kontaktní povrch byl čistý kov. Znamená to téměř vždy broušením odstranit barvu a mechanické nečistoty z povrchu, poté jej důkladně odmastit. Snímač na takto přilepenou podložku můžeme přišroubovat asi po půl hodině. Stoprocentní vytvrdnutí můžeme čekat po dvou hodinách od smíchání obou látek.

Fyzikální vlastnosti:

Pevnost v tlaku:	35 N/mm ²
Pevnost ve střihu:	4,5 N/mm ²
Pevnost v ohybu:	23 N/mm ²
Tvrdost (Shore D):	85
Korozní odolnost:	5000 hod
Povrchový odpor:	7 x 10 ¹³ Ω

Max. teplotní odolnost:

(suchý) 200 °C

(vlhký) 60 °C

Deformace teplem:

40°C



Obr. 2.4 Opravárenská kovová směs používaná jako lepidlo na podložky [4]

2.4 Konektor

Firma CTC Vibration Analysis Hardware nabízí samozřejmě konektory na všechny své snímače. Konektorů je široká škála. Liší se od sebe použitými materiály, tvarem a samozřejmě druhem připojení, jež dovoluje snímač.



Obr. 2.5 Dvoulůžkový konektor CF-D2J-250 [5]

Konektor CF-D2J-250 je konstruován tak, aby i při silném dynamickém zatížení nedošlo k jeho rozpojení. Těsnění je v jeho těle obstaráno dvojitém závitem, bužírka je pak sevřena kabelovými svorkami, zajištěnými dvěma šrouby. I přes snahu konstruktérů o zvýšení životnosti pomocí důmyslného těsnění je konektor nejporuchovější část diagnostického systému. Materiály konektoru dovolí pracovat až do teplot blížících se 177°C.



Obr. 2.6 Připájený kabel ke konektoru [5]

Postup při instalaci na kabel je jednoduchý. Odizolujeme používaný dvoužilový kabel se stíněním. Na kabel nasuneme vrchní část s vnitřním závitem a střední část. Vodič vedoucí plus připájíme na pin A. Mínusový vodič pak připájíme na pin B. Celý konektor poskládáme dohromady a můžeme jej připojit na snímač.

2.5 Snímač

Používáme tlačný piezoelektrický snímač. Druhá možnost by byly střížné piezoelektrické snímače, ty jsou ale moc drahé. Vlastní frekvence našich snímačů, čili rozsah, ve kterém jsme schopni měřit při určité míře spolehlivosti, je 12kHz. To je vlastně mez, do které snímač ručí, že žádná budící frekvence není schopna rozvibrovat jeho vnitřní ani vnější části tak, aby rezonovaly. Tato hodnota není dána hodnotou 12kHz. Je stanovena testem, při kterém je snímač připevněn na generátoru vibrací. Ten generuje vibrace konstantní amplitudy chvění, při zvyšující se frekvenci. Dosáhne-li hladina amplitudy vibrací hodnotu přesahující 3dB, můžeme konstatovat, že budící frekvence se přibližuje k frekvenci vlastní, čili rezonanční. Nyní se už uvádí spíše navýšení o hodnotu převyšující 5%, což je i přesnější, protože je to méně než 3dB.



Obr 2.7. Snímač zrychlení AC102-1A [6]

V Americe, kde se snímače vyrábějí je nazývají Multi Purpose Accelerometer. V překladu to znamená víceúčelový akcelerometr. Vysvětlení je jednoduché. Kdysi se pro posunutí, rychlost a zrychlení používaly snímače zvlášť. Jenže v provozu je to velmi nepraktické. Nápomoci nám jsou 2 základní matematické funkce se schopností podat informaci o směrnici křivky v daném bodu, nebo schopností určit plochu pod křivkou v uzavřeném intervalu. Jsou to funkce derivace a integrace. Kdybychom se vydali směrem mířícím k derivaci, zjistili bychom, že se musíme vrátit na začátek. Spojitý signál má totiž vlastnost modulovat sinusoidy na sebe. Při derivaci signálu posunutí vyšším než 500Hz o dva řády na zrychlení zjistíme, že směrnice je zkreslena šumem namodulovaných sinusoid. Při integraci signálu ze zrychlení na výchylku toto neplatí. Obsah plochy 0-peak a 0-(-peak) je podobný a při výpočtu se odečtou. V dnešní době je proto většina snímačů dělána jako akcelerometr s tím, že s jeho pomocí mohou měřit rychlost i odchylku s velkou spolehlivostí.

Základní parametry snímače:

Výkonová specifikace:

Citlivost +/- 10%:	100 mV/g
Frekvenční odezva:	
+/- 3dB	0,5 – 15000 Hz
+/- 10%	1,0 – 6000 Hz
+/- 5%	1,7 – 4000 Hz
Dynamický rozsah:	+/- 50g peak

Elektrické specifikace

Zdroj napětí:	18-30 VDC
Konstantní proud buzení(ICP napájení):	2 – 10mA
Odchylka výstupního napětí:	10-14 VDC

Prostředí:

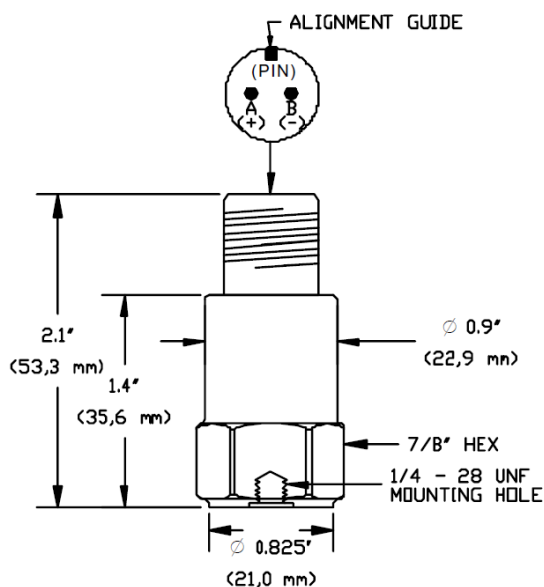
Teplotní rozsah	50 to 121° C
Limitní vibrace:	50 g
Maximální rázová ochrana:	5000 g
Elektromagnetická citlivost:	certifikována
Těsnění:	svařováno, hermetické

Fyzikální vlastnosti:

Piezoelektrický element:	PZT keramický
Váha:	90 gramů
Obal:	316L Nerez
Konektor:	2 Piny MIL-C-5015

Mechanické vlastnosti:

Rezonanční frekvence:	23000 Hz
Utahovací moment:	2,7 až 6,8 Nm

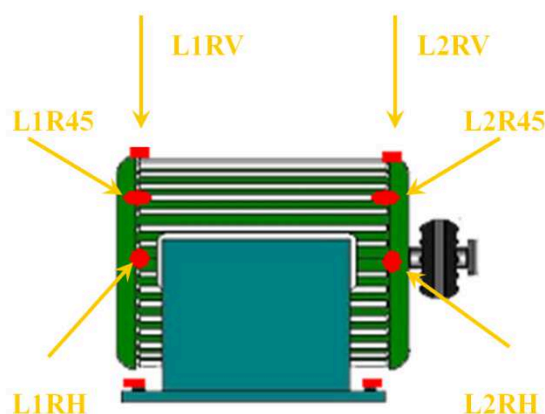


Obr.2.8 Rozměry snímače, nahoře orientace konektoru, dole utahovací závit [6]

Snímače je tvořen piezoelektrickým článkem, který reaguje na tlak. Mění tím svůj náboj a nábojový předzesilovač, který je obsažen uvnitř, z něj generuje mV. Proč nezůstat u náboje? Protože náboj je citlivý na délku kabelu, odpor při vzdálenosti 100m kabelu by mi velikost náboje zkreslil tak, že naměřená data by nešla použít.

2.6 Označení snímačů

Hned po správném umístění snímačů je nejdůležitější jejich označení. Pro jednoduchou orientaci si zavedeme několik pravidel, které nám urychlí vyhodnocení tím, že nebudeme muset uvažovat, jaké měřící místo právě sledujeme.



Obr. 2.9 Označení měřících míst

Označení měřících míst:

Lx xx xx – kde L je ložisko

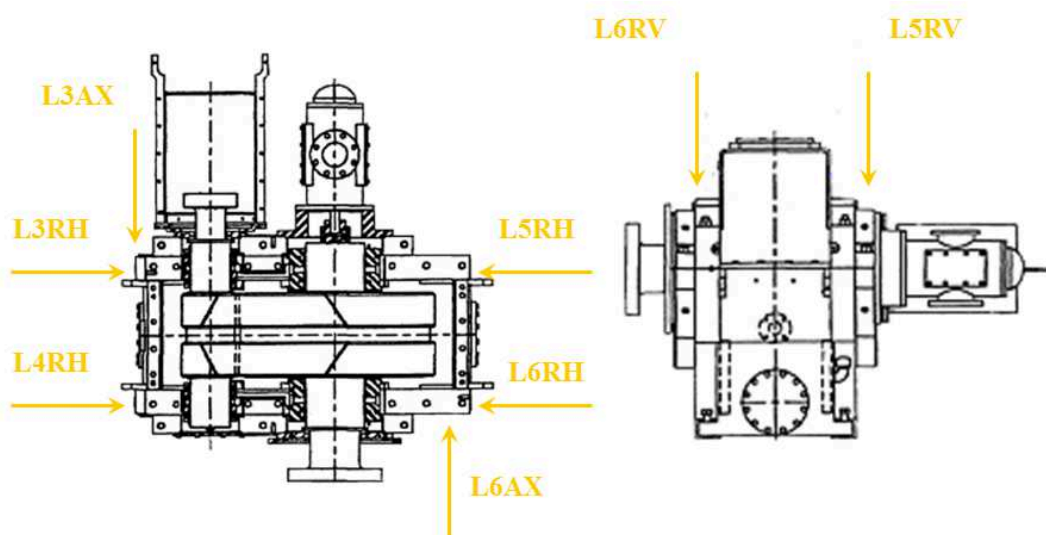
x1 xx xx – kde 1 je pořadové číslo ložiska na stroji z pohledu obrázku číslo 4. Tedy ložisko, u kterého bývá ventilátor, je-li jím motor vybaven.

xx Rx xx – v tomto místě popisku určujeme směr měření vzhledem k ose otáčení.

V praxi se tedy můžeme setkat se třemi možnostmi a to jsou:

- radiální vertikální
- radiální horizontální
- axiální

xx xx 45 – poslední dvojčíslí znázorňuje úhlový posun vzhledem ke gravitaci.



Obr. 2.10 Varianta označení na převodovém ústrojí

2.7 Umístění snímačů

Instalace snímačů, brána jako připevnění snímačů pomocí speciálního lepidla ke stroji, je hned po natahování dlouhých kabelů nejobtížnější. Nejdříve je totiž nutno měřené místo vybrat. Poté se k němu dostat, obrousit nátěr, abychom zajistili kontakt kov na kov, odmastit a pomocí dvousložkového lepidla přilepit.



Obr. 2.11 Broušení měřicího místa pro umístění podložky

Výběr diagnostikovaných pohonů provedl diagnostik specialista, pracovník zaměstnaný u firmy Pilsner Urquell. Udělal tak podle náchylnosti pohonu vzhledem:

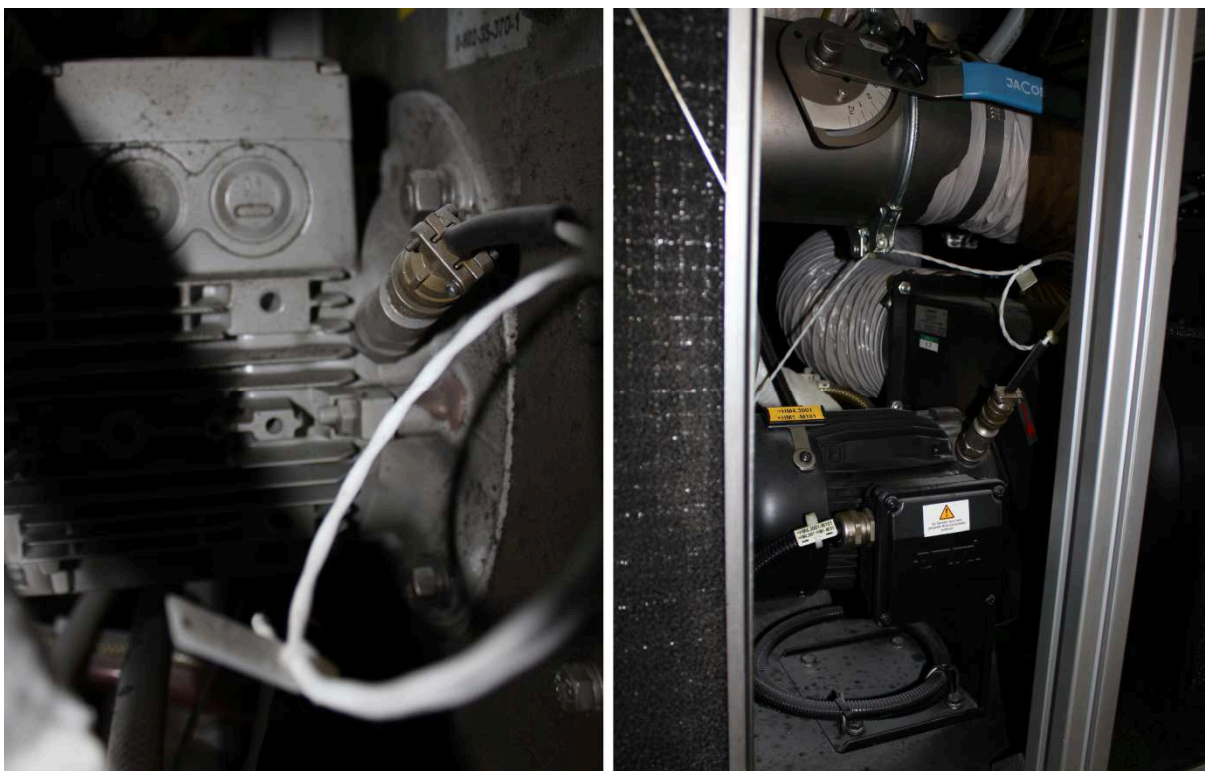
- k ceně případné opravy
- k ceně pohonu
- k časovému prostoji, vytvořenému poruchou
- důležitosti pohonu ve výrobním procesu
- diagnostikovatelnosti pohonu

Na příštích několika snímcích se budu snažit co nejvíce přiblížit umístění snímačů. Některé měřicí body jsou však zakryté. Při instalaci prostě nebyl čas je vyfotografovat. Postupovat budeme po jednotlivých strojích. Postup zavedeme stejný, jako byl u seznámení s výrobní linkou. Taky musím podotknout, že všechny stroje linky nejsou osázeny snímači.

Vyfukovačka



Obr. 2.12 Carousel vyfukovacího zařízení, vpravo přívod nahřátých preforem



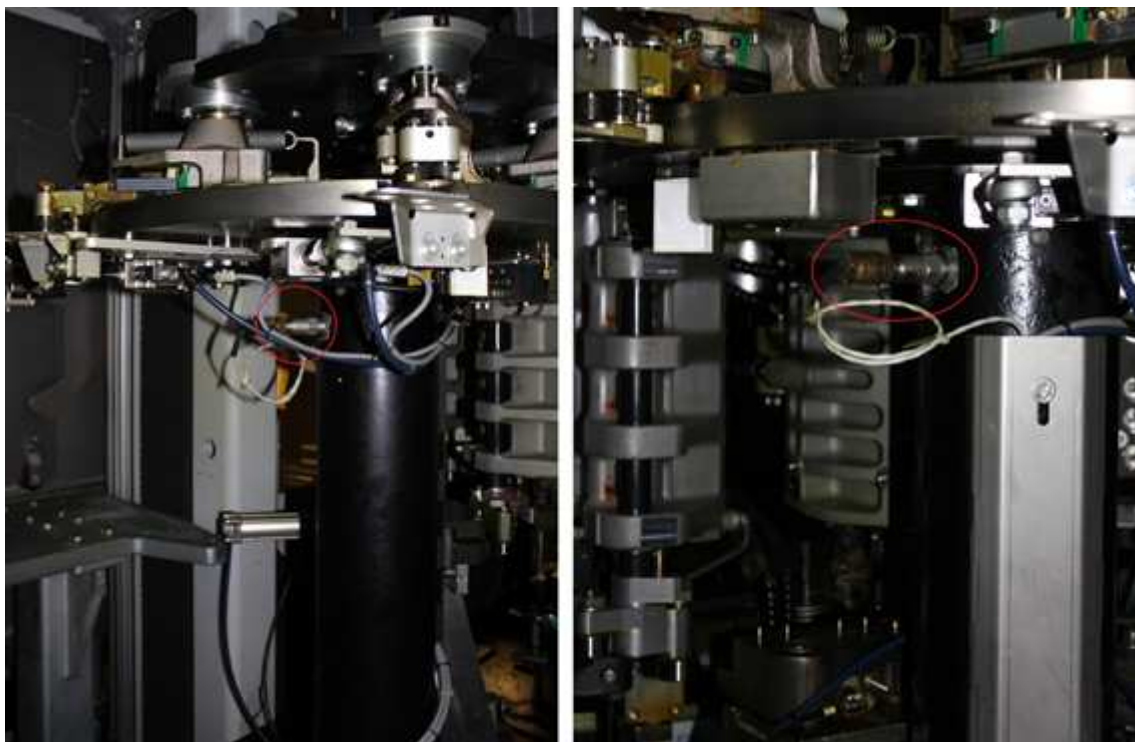
Obr. 2.13 Snímače na motoru ventilátoru 1 a 2

První měřené místa jsem vytvořil na letmo uložených elektromotorech, které jsou na přední části vyfukovačky, tedy u UV pece, nahřívající preformy před výfukem. Motory na obrázku 2.13 jsou malé, a proto není třeba umísťovat snímače na obou ložiscích. Motory jsou napojený na ventilátor, který ochlazuje hrdlo a závity preformy, což jak jsem již zmiňoval, je jediná část preformy, která ve vyfukovačce nemění svůj tvar. Snímač je umístěn radiálně pod úhlem 45°. Jeho označení na obou motorech tedy bude L1R45.

Ohřívací část vyfukovačky je poháněna dvěma vřeteny. Na obrázku 2.14 je jedno z nich. Diagnostika je zde taktéž zajištěna jedním snímačem, tentokrát umístěným radiálně horizontálně. Jeho označení na obou motorech tedy bude L1RH. Půjdeme-li po trati nádob, narazíme na další 2 měřící body. Jsou to předávací kolotoče mezi uv pecí a vyfukovačkou.

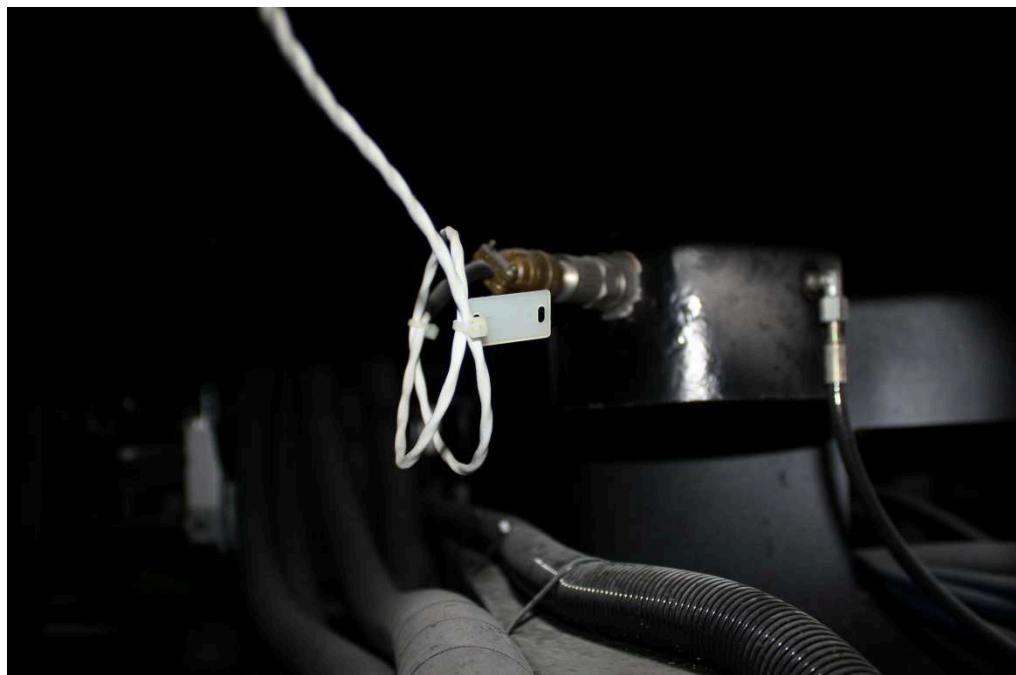


Obr. 2.14 Vřeteno vyfukovací pece



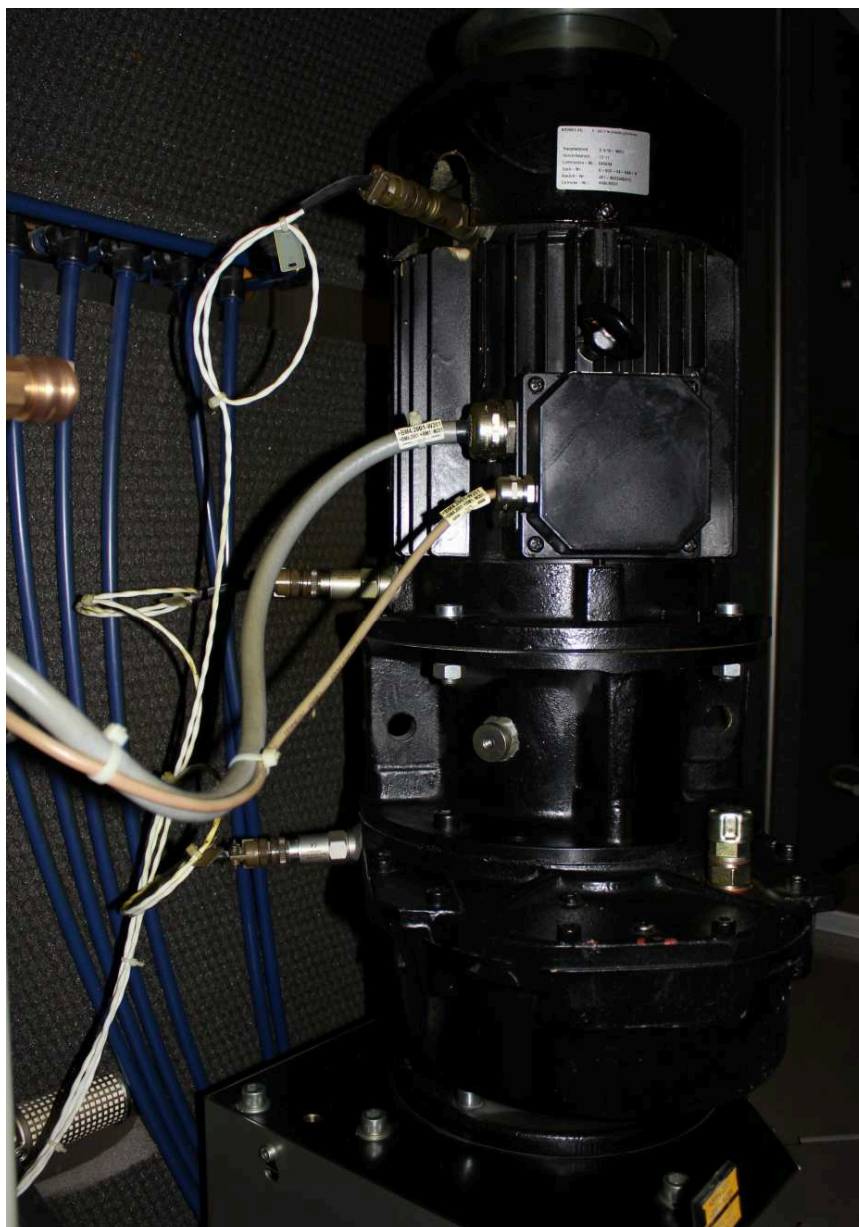
Obr. 2.15 Vlevo výstupní a vpravo vstupní růžice na vyfukovače

Na obrázku 2.15 měříme ložiska růžic podavače, přivádějících preformu do vyfukovačky napravo a odvod vyfouknutých nádob nalevo. Umístění snímače oproti ose rotace je radiální.



Obr. 2.16 Mezikolo carouselu od hlavního pohonu

Na obrázku 2.16 vidíme uložení převodového mezikola pod vyfukovacím carouselem. Zde měříme klasické ložiskové parametry spolu s metodou ACMT, jelikož se jedná o pomaloběžné ložisko a obyčejná měření nemusí v tomto případě zachytit krátkodobé rázové děje vznikající na dráze valivého elementu.



Obr. 2.17 Hlavní pohon s převodovkou

Na obrázku 2.17 vidíme hlavní pohon carouselu. Shora u ventilátoru začínáme označením L1R. Střední snímač na druhém ložisku je tedy L2R. Snímač dole je na převodovce, označen bude L3R. Hlavní pohon pohání přes převodové mezikolo otáčení carouselu. Ostatní prvky, jako jsou uzavírání forem a uchopovače, jsou řízeny pneumaticky nebo řídicí křivkou.

Přichycení snímače k měřicímu bodu hlavního ložiska carouselu pak vidíme na obrázku 2.18.



Obr. 2.18 Snímač na hlavním ložisku vyfukovacího carouselu

Poslední snímač umístění na vyfukovacím zařízení je na čerpadle vody, ochlazující dna nádob. Můžeme jej vidět na obrázku 2.19 a také pomocí něho demonstrovat podmínky, ve kterých musí pracovat. Takto totiž vypadá konektor po pouhých deseti měsících po instalaci.

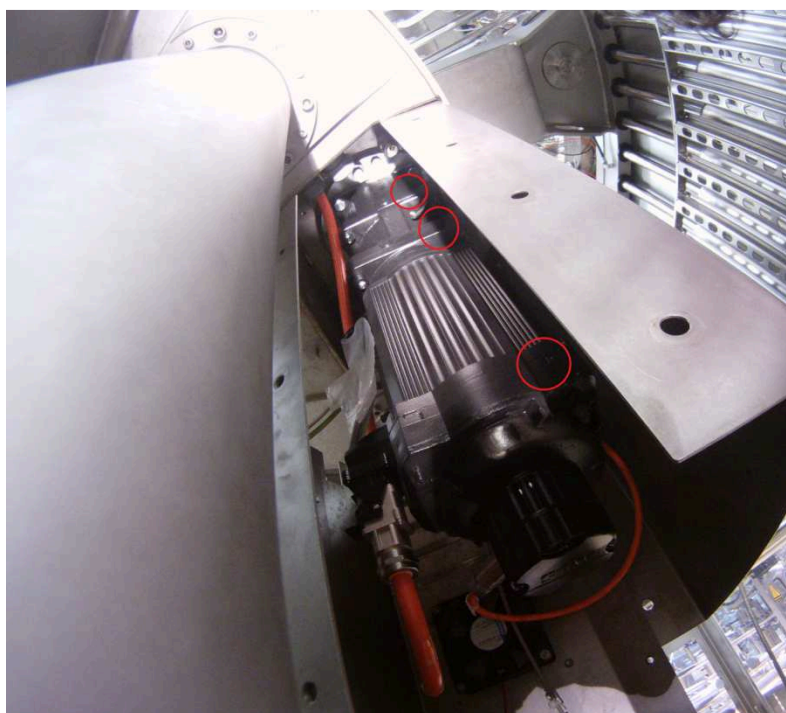


Obr. 2.19 Čerpadlo vody na chlazení dna a zvětšený pohled na konektor

Plnič



Obr. 2.20 Plnič



Obr. 2.21 Motor a převodovka plniče

Na obrázku 2.20 vidíme červeně označené místo. Je to nosná část axiálního ložiska, na kterém se plnič otáčí. Lepší místo na umístění snímače axiálního ložiska nám nemohlo být dopřáno. Kabel je veden kompletně uzavřeným rámem plniče.

Motor plniče není vyfocen se snímači. Červeně označené místa by byly vhodné pro umístění, kdyby nevadily nerezovým plechům. Umístění snímačů je tedy provedeno z jiné

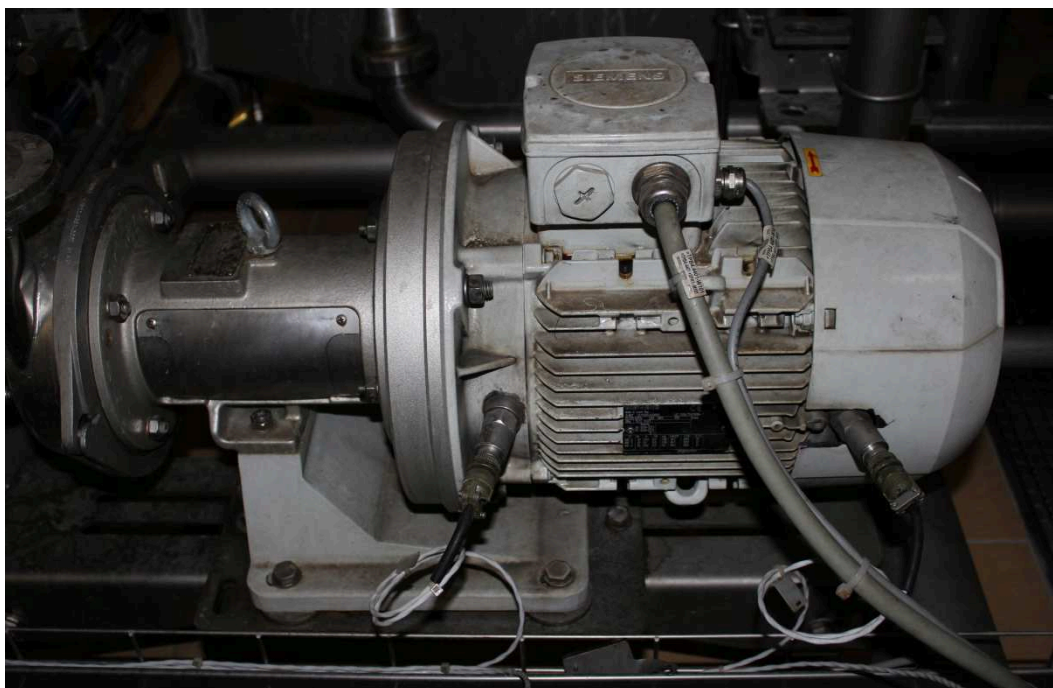
strany. Možným řešením by bylo použití snímačů s postranním vývodem. Ten je umístěn kolmo na směr připevnění snímače.

Paster



Obr. 2.22 Pohony pasteru

Pohony pasterizační jednotky jsou 3 o výkonu 6 kW. Všechny 3 jsou připojeny na radiální čerpadla, která rozvádějí pivo ve vlastním potrubí, kde se pivo umrtvuje, a také zajišťují přívod do plniče. Umístění snímačů je na všech třech motorech stejné. Jejich umístění se liší pouze o několik stupňů v radiálním směru, což způsobilo žebrování a jiné nepochopitelně rozdílné tvarové řešení statoru.

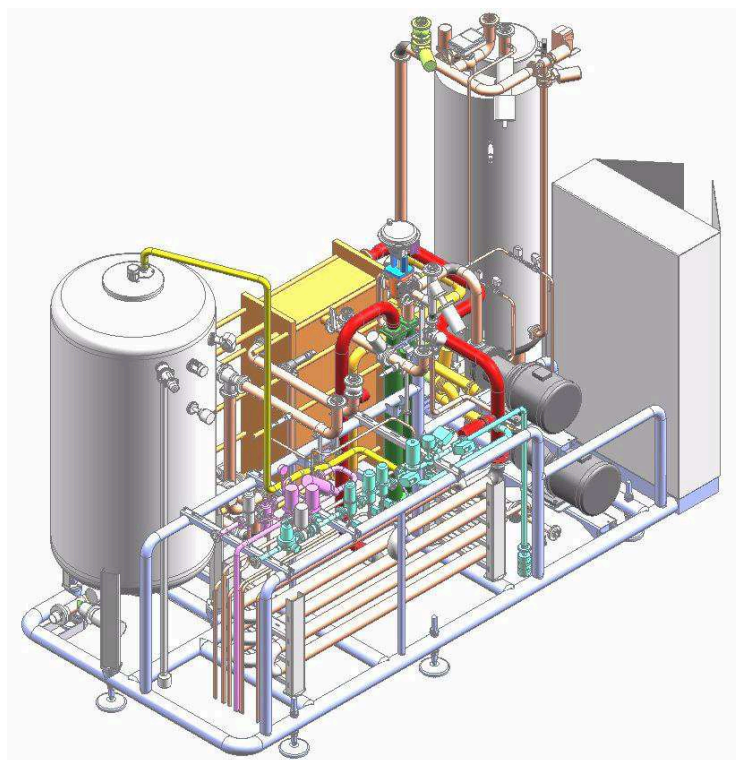


Obr. 2.23 Pohon radiálního čerpadla na pasteru

Na obrázku 2.23 je patrné, že snímače nejsou umístěny kolmo radiálně. Absolutní rovnoběžnost s horizontální rovinou také není zajištěna. Můžeme namítat, že měření nebude přesné. Online diagnostika však nepotřebuje pracovat s přesnými fyzickými hodnotami. Tuhost, otáčky a úhel pod kterým jsou připevněny, se nemění. Absolutní hodnoty vibrací tedy mohou být jiné v porovnání s geometricky přesně umístěnými snímači. Změny zachycené v trendu jsou však stejné. Podobný pohled můžeme mít na měření obálky. Demodulovaný signál, kterému se přidává energie, aby zvýraznil poruchové frekvence ložiska, je vlastně také zkreslený a jako číselná hodnota jednoho měření jej nemůžeme považovat za správný. Sledováním v trendu jsme ale schopni detekovat vady v jejich nejranějším stádiu.

Čistící jednotka CIP

Tlak čistící jednotky CIP v provedení pro plzeňský pivovar je vytvářen stejným způsobem, jako je to u pasteru. Motor o výkonu 6kW pohání radiální čerpadlo, které vytváří tlak v potrubí. Potrubí je pak schválně na některých místech zúženo, což vytváří turbulence v proudění a zvyšuje tak účinnost dezinfekčních prostředků.

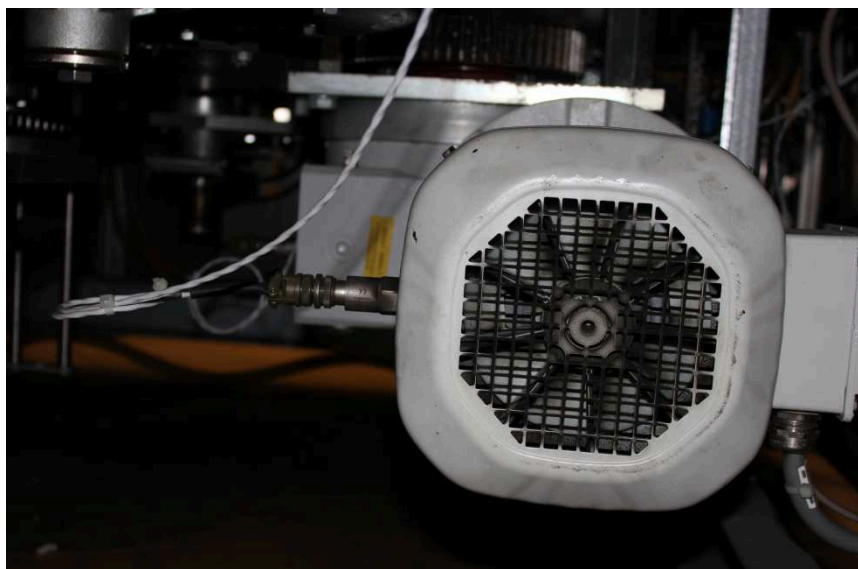


Obr. 2.24 Čistící jednotka CIP



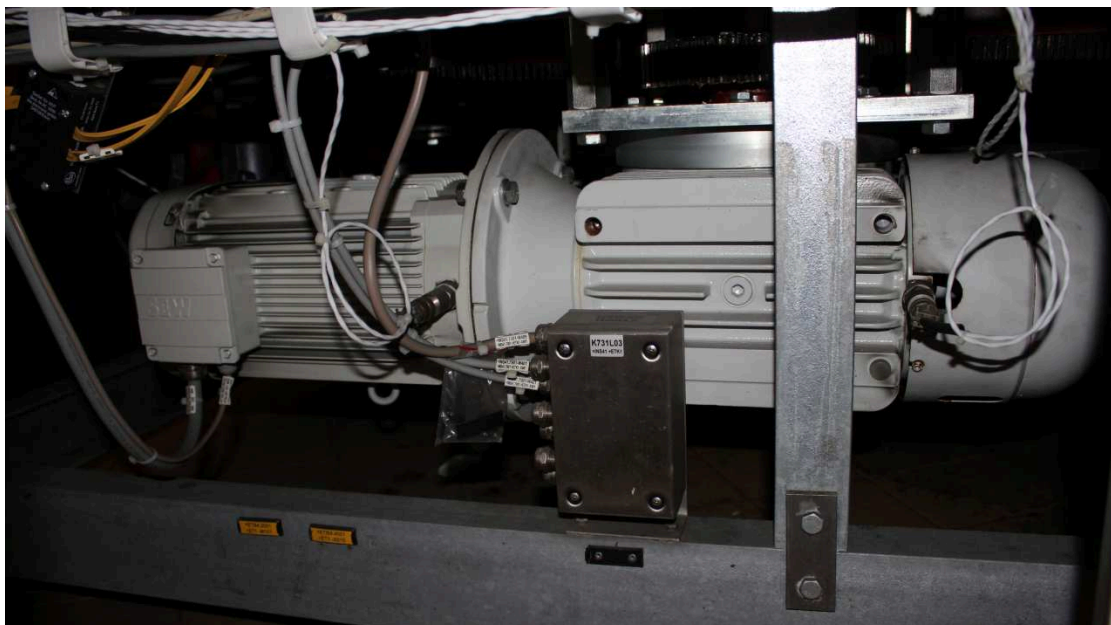
Obr. 2.25 Pohon radiálního čerpadla na čistící jednotce CIP

Etiketovačka



Obr. 2.26 Hlavní pohon etiketovačky

Na obrázku 2.26 vidíme měřicí místo u ventilátoru hlavního pohonu. Níže na obrázku 2.27 už vidíme pohon i s převodovkou, která je taktéž chlazena ventilátorem. Na převodovce jsou vytvořeny 3 měřicí body, z nichž druhý vidíme na obrázku 2.28, a třetí jsem při instalaci nestihl vyfotografovat. Ten je umístěn na zadní stěně, kolmé na stěnu obrázku 2.28.



Obr. 2.27 Motor a chlazená převodovka etiketovačky



Obr. 2.30 Měřící bod na pohonu vývěvy

2.8 Diagnostický systém Adash A3716

Abychom mohli pomocí analogového signálu, který je získán z jednotlivých měřících míst, provádět diagnostiku těchto pohonů, analogový signál musíme převést na digitální. To a mnoho dalších schopností představuje nejvyšší řada A/D převodníků firmy Adash A3700. V hale, kde je umístěna PET linka, jsou použity dva převodníky A3716. Samotný převodník však představuje jen část celého monitorovacího zařízení. Aby uživatel byl schopen pomocí naměřených hodnot vést prediktivní způsob řízení údržby, musí použít monitorovací systém. Tento systém průběžně ukládá naměřené hodnoty do počítače, kde jsou připraveny k dalšímu zpracování.

A3716 HW



Obr. 31 Systém A3716 firmy Adash [7]

Systém A3716 pracuje neustále a s minimálním zpožděním vyhodnocuje data prakticky v reálném čase. To se mnohdy využívá jako bezpečnostní prvek u nebezpečných provozů jako jsou elektrárny, teplárny a další. Tam většinou najdeme přípojku nebo rovnou kabel, připojený na ethernet. Ethernet je interní podniková síť, o kterou se stará IT oddělení podniku. Pomocí tohoto propojení a systému proudových smyček, obsažených v diagnostickém systému, jsme schopni vyvézt do velína signál, na monitoru zastoupený číslem, které nám dává informaci o chvění na měřeném místě a při překročení nastavených mezí i automaticky vypnout motor, který pohání zdroj vyvolávající vysokou amplitudu měřeného signálu. V našem případě však proudové smyčky zapojeny nejsou. Připojení k ethernetu je však samozřejmostí. Díky němu jsou data sbírána na podnikovém serveru a vyhodnocována monitorovacím systémem v počítačích diagnostických pracovníků.

Výraz “měření v reálném čase“ každý údržbář rád slyší, protože sledování trendu vyvíjejícího se před týdnem nám těžko vypoví informaci o tom, jak motor pracuje dnes. Má však i svoje omezení. Při ukládání všech přednastavených měření vzniká datová buňka. Představa, že by se měření ukládalo co sekundu, je nemyslitelná. Datová buňka by každý den mohla nasbírat stovky mega informací a i přes velikosti dnešních pevných si musíme uvědomit, že online diagnostika bude na stroji až do konce jeho životnosti, což by v měřítku nasbíraných informací znamenalo několik terabitů. Připojíme-li se přímo na systém, sbírané hodnoty můžeme pozorovat v reálném čase, ukládat a vytvářet trendy však budeme ve větších intervalech (např. 15 minut) a data mezi nimi mazat. Toto si můžeme dovolit pouze tehdy, kdy trend naměřených hodnot bude stabilní. V případě, že se v měření projevují rychlé změny hodnot, takto dlouhý interval není vhodný a je proto třeba ukládat častěji. Systém A3716 musí

být schopen tyto náročné podmínky zvládat a být schopen na ně reagovat. Proto si něco málo řekneme o zpracování signálu uvnitř přístroje.

V zásadě definujeme dvě základní měření. Měření statických hodnot, které jsou definovány jednou veličinou. Ta může být zastoupena číselnou hodnotou nebo komplexním číslem. Typickým příkladem jsou celkové hodnoty vibrací například u širokospektrálního měření. Výsledkem druhé skupiny měření jsou dynamické hodnoty. Ty obsahují měření, jejichž definice je vyjádřena pomocí pole hodnot, jako jsou křivky, spektra, řadové analýzy nebo orbity. Na základě intervalu ukládání měření do databáze definujeme dva stavy stroje. Připomínám, že vycházím z materiálů firmy Adash a používám jejich názvosloví. Stav, kdy stroj pracuje v relativně klidném stavu, při kterém hodnoty amplitud rychle nemění svoji velikost, se nazývá REGULAR. Je to stav, kdy hodnoty amplitud nepřekročí předem nastavenou hranici v sledovaném trendu. Sběr dat v tomto stavu je omezen maximálním intervalem 60 minut. V případě ale, že se hodnoty vyšplhají nad nastavenou mez, se přístroj přepne do stavu TRANSIENT. Statické a dynamické hodnoty se začnou sbírat v intervalu 5s. Velmi důležitý je přechod mezi těmito stavy. Přístroj A3716 je v tomto ohledu velice mazaný. Naměřená data jsou ukládána do dvou různých databází. V jedné jsou hodnot ukládány ve stavu REGULAR a v druhé ve stavu TRANSIENT. V případě, že dojde k překročení hranice mezi stavy, uživatel potřebuje uložit data před změnou stavu, který se však nacházel v REGULARU, čili malou frekvencí ukládání. Pro takové případy je přístroj vybaven dočasnou databází, která tento problém řeší. Ve svojí paměti totiž uchovává 15 minut záznamu Transientní ukládací frekvence. Takže po překročení transientní hladiny se z paměti přístroje rovnou do transientní databáze uloží i 15. minutový záznam transientního vzorkování před překročením. Tato paměť se nazývá ONLINE DATABASE a jde o oběh dat, kdy nové měření mažou staré.

Pro každé měření nastavujeme dva ukládací intervaly pro transientní a pro regulární hodnoty. Jeden je určen pro statické a druhý pro dynamické hodnoty. Například: v regulárním stavu jsou statická data měřena každých 30 sekund a dynamická každých 15 minut. U transientního stavu jsou pak intervaly 1 sekunda pro statické a 30 sekund pro dynamické hodnoty. Po překročení limitu mezi těmito ukládacími intervaly zpět pod transientní hranici se ukládání přepne do modu regular. V tuto chvíli jsme definovali 4 měření, z nichž každé má vlastní ukládací interval. Nazýváme je TCG (Time Controlled Groups) a řídí nám rychlost ukládání do databáze.

Online diagnostiku zajišťují dva programy, které jsou spuštěny na počítači. Jsou to softwarové aplikace spuštěné uživatelem a softwarový servis, který pracuje automaticky(předchozí odstavec). DDS Database je konečné místo v počítači, kde jsou

naměřená data ukládána pro vyhodnocení. DDS databáze je tedy typu regular nebo transient. Nová transientní databáze se vytvoří pro každý další transientní stav, regulární databáze je jenom jedna. Při nastavení rozhraní mezi přístrojem A3716 a databází používáme aplikaci A3716 Setup. Postup celým nastavením si ukážeme v další kapitole, proč ji ale v tuto chvíli zmiňuji? Po nastavení všech snímačů a dalších možnostech v setupu, setup vygeneruje TEMPLATE DDS DB. Je to šablona všech přednastavených parametrů týkajících se jak měření, tak i veškerého hardwarového vybavení.

Software, který obdržíte s A3716, obsahuje několik softwarových aplikací. Každá z nich má zvláštní účel. DataLoader je služba, která čte naměřené hodnoty z A3716 a ukládá je do Online databáze. DataAdmin dále přeposílá data z online databáze do DDS databáze. DataViewer je aplikace, která čte hodnoty z online databáze. Tato aplikace byla vyvinuta pro kontrolní místnosti na sledování aktuálních hodnot a vytváření krátkých trendů. A3716 setup je uživatelský pomocník, díky němuž nastavujeme veškeré parametry pro měření a sběr dat. DDSPro nám umožňuje číst data z DDS Databases a zobrazovat tak grafy.

A3716 technická specifikace:

Vstupy

Dynamické kanály (AC):

Počet synchronních paralelních kanálů(AC):	16AC (počet podřízených jednotek neomezený)
Frekvenční rozsah:	25600 Hz
Rozsah na vstupu:	+/-12 V
A/D Rozlišení:	24bit vstup, 64bit dvojitá vnitřní přesnost
Dynamický rozsah:	120 dB
Konfigurace kanálů:	Volty nebo ICP (pro každý vstup zvlášť)
Vstupní ochrana:	30 V
Vstupní impedance:	100 kΩ
Vstupní typy:	zrychlení, rychlost, posuv, jiné vibrace v přepočtu na střídavé napětí
Integrace:	single, double
2D zpracování:	Osa rotace podle montáže senzoru
Přesnost:	<0,5 %
ICP řadič:	18 V, 3,8 mA
Horní propustnost filtru:	1Hz-12800Hz (podle uživatele)
Dolní propustnost filtru:	25Hz-258600Hz (podle uživatele)

Tacho kanály:

Počet:	4 nezávislé tacho vstupy
Rychlostní rozsah:	0,8Hz-1000Hz
Vstupní impedance:	80k Ω
Typ vstupu:	volty
Rozsah na vstupu:	+10V
Přesnost:	<0,5 %
Spouštění:	aktivní, neaktivní
Spouštěcí level:	0,1 – 9,9V, podle uživatele
Vstupní ochrana:	48V

Statické kanály (DC):

Počet:	16 DC
Rozsah na vstupu:	+/-12 V
Vstupní impedance:	100 k Ω m (VDC), 250 Ω m (mASC)
A/D rozlišení:	12 bit input
Přesnost:	0,1% fsd
Vstupní ochrana:	30V



Obr. 2.32 Připojení AC, DC a tacho kanálů

Měřicí funkce:

Spuštění:	free run, tachy, external (volty)
Sběr dat:	širokopásmové hodnoty (TRUE RMS, TRUE PEAK, TRUE PEAK-PEAK, uživatelsky horní a dolní propustnost) časový signál (65536 vzorků max) realtime FFT order analýza měření rychlosti statické DC hodnoty obálková demodulace ACMT procedura pro diagnostiku pomaloběžných ložisek
Vzorkování časové křivky:	256-65536
Rozsah spektra:	25-25600
Počet čar spektra:	100-25600
Parametr order analýzy:	1/2-10x order
Průměrování:	1-255

2.10 Komentář k instalaci hardwaru

Instalace nepřekročila plánovaný čas na její provedení. Sám už s otcem instalaci podobného druhu jezdím provádět devátým rokem, takže řešení neočekávaných překážek již máme natrénované. O plzeňském pivovaru musím konstatovat, že je jedním z nejčistších provozů, kde jsem pracoval. Jak jsem však již výše zmiňoval, právě způsob udržování čistoty je jedním z hlavních faktorů poruch snímačů a konektorů.

Z obrázků je vidět, na jak nepřístupných místech se vybrané měřicí body nacházejí. Díky zkušenostem však instalaci zvládáme a k tomu máme řadu pomůcek, které nám instalaci snímačů usnadňují. Mluvím o nástrojích, jako jsou aku svítilna, aku vrtačka a aku bruska.



Obr.2.33 Připevnění snímače na motoru ventilátoru vyfukovačky



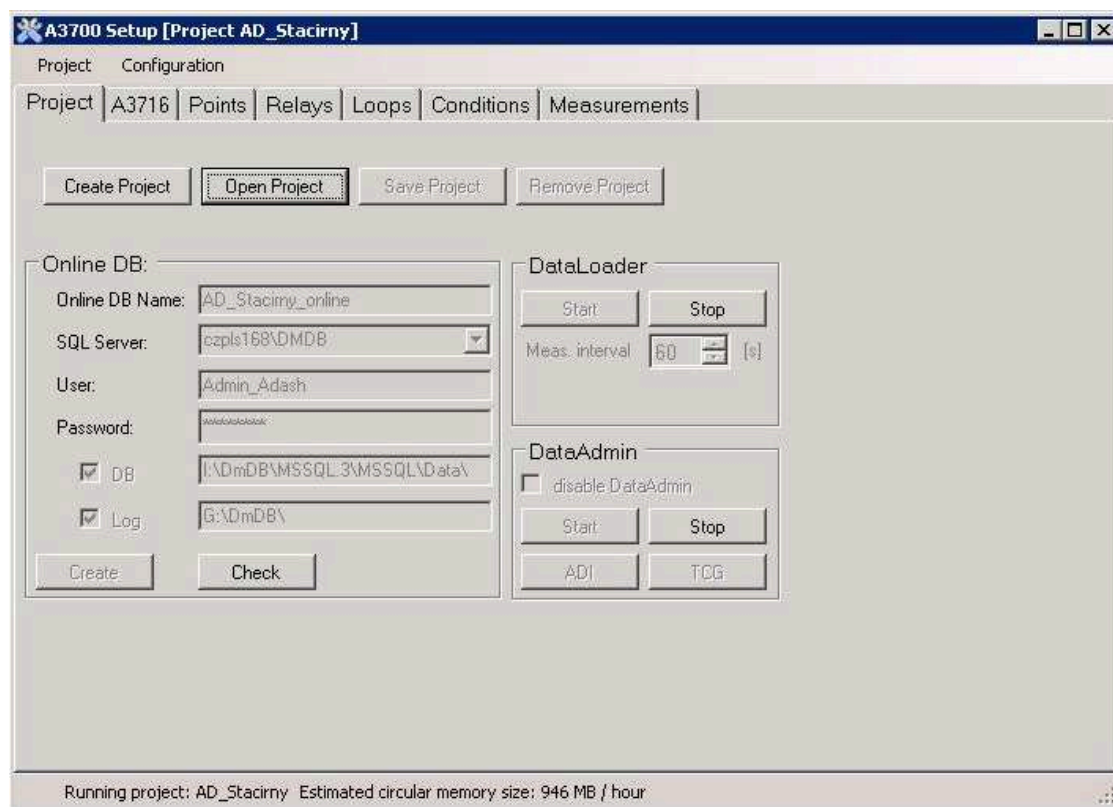
Obr. 2.34 Instalace sedmi snímačů na etikatovače

3 Instalace softwaru

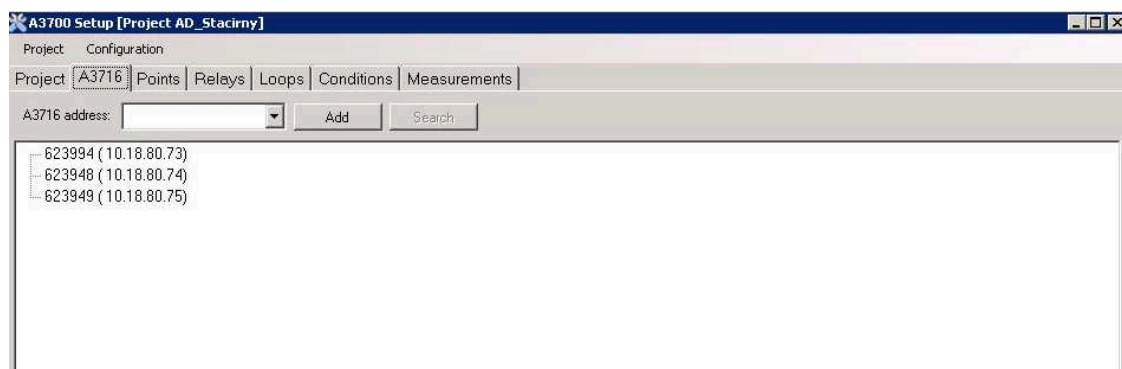
Po instalaci hardwaru se musíme zažádat u IT oddělení o přiřazení IP adresy. Poté si spustíme počítač připojený na podnikový server. Spustíme aplikaci A3700 setup, která je součástí balíku, obdrženého při zakoupení diagnostického systému. Po spuštění setupu se otevře okno.

Zmáčknutím tlačítka Create Project na obrázku 3.1, se nám otevře editovací okno, kde zadáme jméno vytvářené databáze. Hned pod ním je položka SQL server. Zde vybereme podnikový server, na který jsme přístroj A3716 připojili. Tento server je chráněný, proto je k jeho použití nutné zadat uživatele a heslo, které nám povolí přístup. V dalším řádku je virtuální cesta k naší vytvářené databázi. Pod ní se pak nachází cesta k uložení templatu databáze. Pro vytvoření projektu klikneme na tlačítko create. Pro zkontrolování správnosti vložených dat zmáčkne check.

Posuneme se nahoře do listu A3716 (obrázek 3.2). Proběhlo-li vytvoření projektu správně, po kliknutí na add, tedy přidat, vyskočí seznam přístrojů A3716, ke kterým jsme schopni se připojit. Vybereme tedy ty, jejichž IP adresy jsme obdrželi. Protože v podniku je již více přístrojů Adash, v otevřeném okně jsou na výběr všechny. Při instalaci prvních přístrojů zde uvidíme pouze 2. Další nesrovnalostí je třetí přístroj, který vidíme na obrazovce. Ten zastupuje kompresor, který jsme přidali nedávno. V projektu je vztažený k PET lince, protože k ní patří.



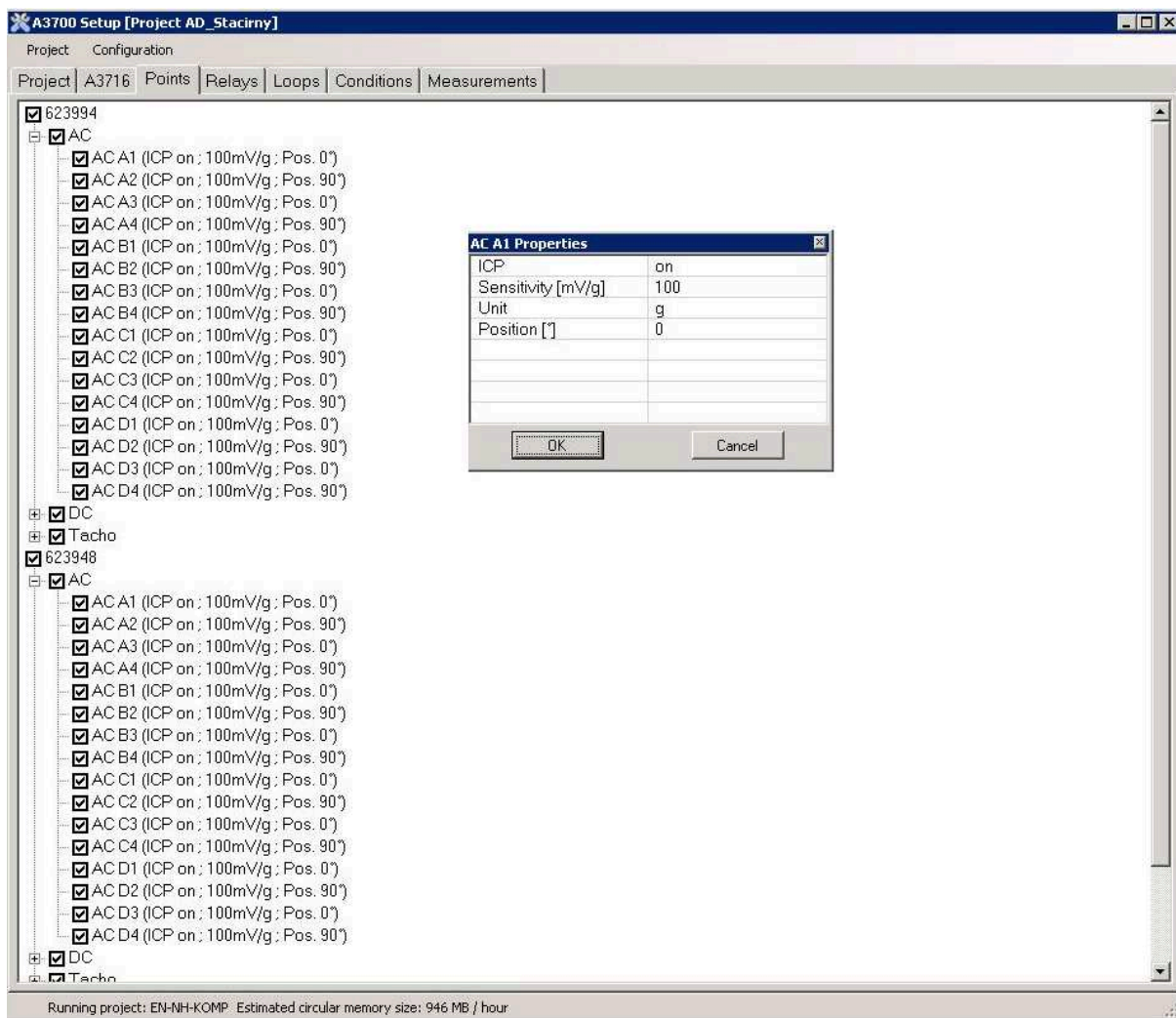
Obr. 3.1 Vytvoření databáze v A3700 setupu



Obr. 3.2 Vybrané přístroje a jejich IP adresy

Vytvořili jsme tedy online databázi, na kterou se budeme připojovat pomocí programu DDS a připojili jsme se na dva přístroje obstarávající 32 snímačů.

V záložce point, jestli doposud vše správně fungovalo, se objeví všech 32 AC a DC kanálů, které můžeme buď oživit kliknutím na ikonu s fajfkou, nebo je ponechat neaktivní. Pod nimi se nachází ještě Tacho určené pro měření rychlosti, které je pouze jedno pro každou z karet. Karty v přístroji jsou 4, což můžeme vidět na obrázku 2.32. V našem případě máme aktivní jak AC a DC vstupy, tak i všechny tacho signály. Vše je tedy aktivní hlavně proto, aby přidání případného měření teploty či otáček nebylo problémové.



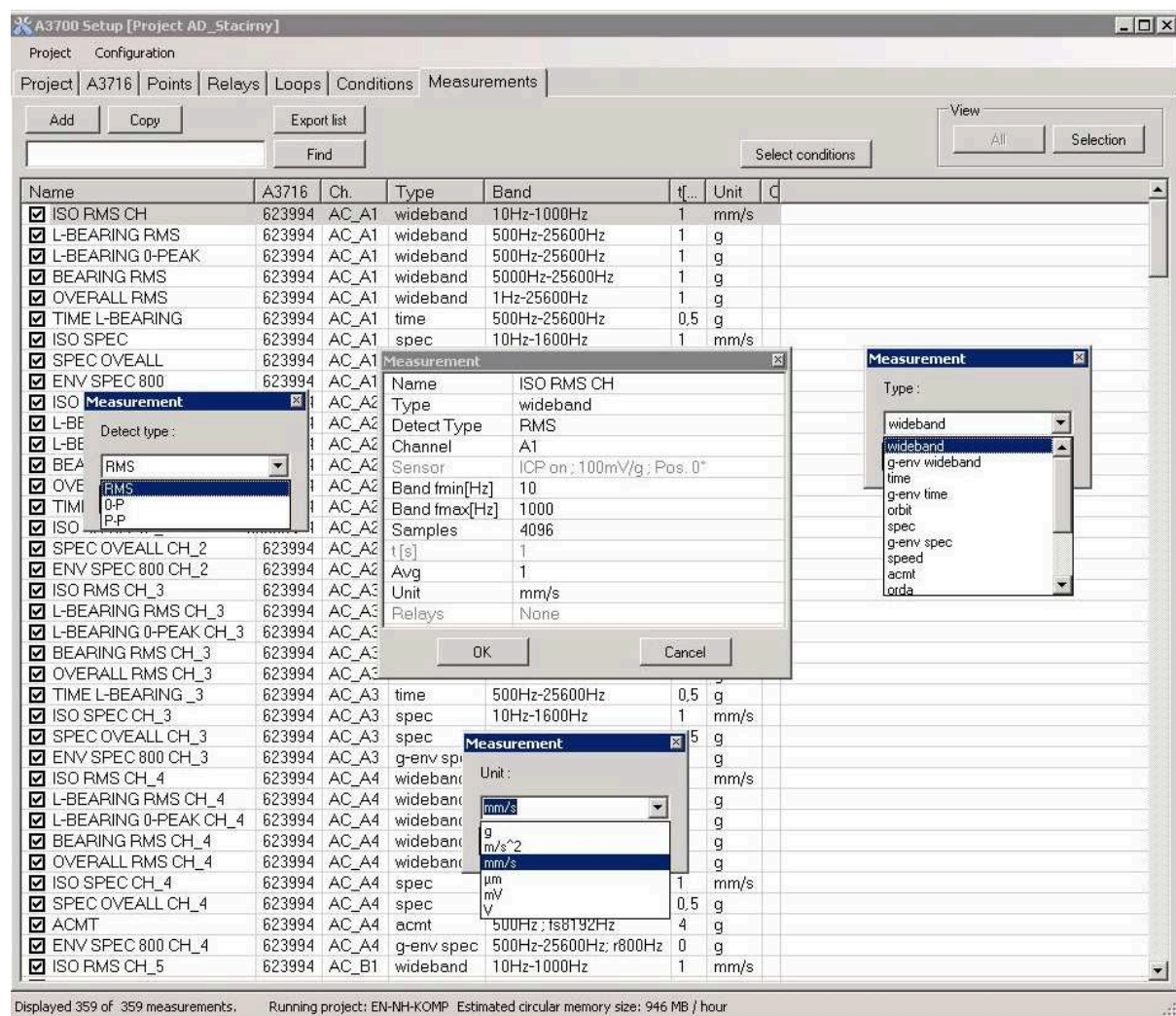
Obr. 3.3 Nastavení měřících bodů

Po dvojkliku na každý z bodů nám pak vyskočí tabulka, kterou jsme schopni nastavit určité parametry snímače. V prvním řádku nastavujeme napájení. V našem případě je do snímačů přivádění napětí, z možností on a off tedy vybíráme on. Do druhého řádku pak napíšeme hodnotu citlivosti, která by měla být na snímači, nebo ji najdeme v katalogovém či kalibračním listu. Snímače zrychlení kdysi měřily v mm/s^2 , protože naměřené hodnoty v relativně klidném stavu byly dvojciferné a ve stavu při poruše dokonce trojciferné, zavedla se veličina vztahující zrychlení ke zrychlení gravitačnímu g. Unit neboli jednotku tedy volíme g. Poslední možnost na výběr je pozice snímače. Toto nastavení použijeme pouze tehdy, máme-li dále v měření nastaveno měření orbity. Ta se v měření neobjevuje, vůbec tedy tuto hodnotu nemusíme řešit a necháváme předem nastavené hodnoty.

Nastávající 3 záložky přeskočíme. V prvních dvou záložkách totiž nastavujeme varovné signály a případné zapojení diagnostického systému do firemního systému tak, že přístroj A3716 může přímo zasahovat do výrobního procesu, pozastavením činnosti některých strojů při naměření vysokých hodnot amplitud vibrací. Ve složce Conditions pak udržujeme

meze, kdy se stroje přepne ze stavu regular do stavu transient. Žádnou z těchto aplikací však v pivovaru využívat nechtějí. Na systém pohlížejí jako čistě informační.

V poslední záložce nazvané measurements si volíme měření.



Obr. 3.4 Nastavení měření

Přidáním měření tlačítkem add se otevře (na obrázku 3.4 uprostřed) tabulka, díky které nastavíme veškeré parametry měření. Jako první si vybereme název měření. Není-li měření moc, můžeme ponechat navržené. Pro lepší orientaci si však jména měření raději lépe označte. Druhý řádek se nás pak ptá, jaké měření bychom si na snímači, vybíraném ve čtvrtém řádku, přáli provádět. Diagnostiku celé linky zajišťuje deset měření, které podrobněji rozeberu v kapitole vyhodnocení a popis měření. Změnou parametrů vlastně vytváříme nové měření, které je nastaveno tak, aby podalo co nejpřesnější informaci o mechanickém stavu stroje, součástí ložiska, ozubení či motoru.

Pojmenování všech měření na PET lince:

- ISO RMS
- L – BEARING RMS
- L – BEARING 0-PEAK
- BEARING RMS
- OVERALL RMS
- TIME L – BEARING
- SPEC. OVERALL
- ISO SPEC.
- ENV SPEC. 800
- ACMT

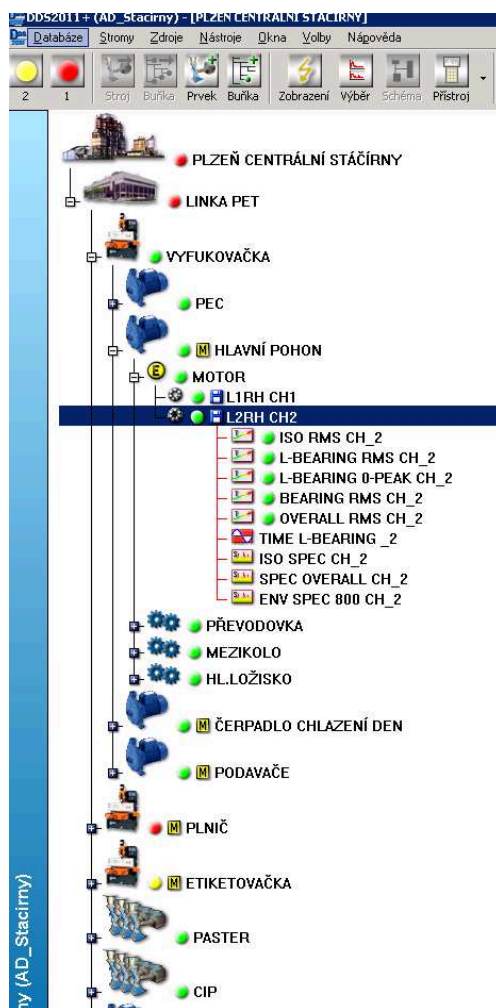
Na obrázku 3.4 můžeme vidět, že pod označením měření Type, vidíme 5x pod sebou wideband. Je to širokopásmové měření, lišící se od sebe v několika parametrech. Hodnoty, které měření zpracovává, mohou být typu RMS, O - PEAK a PEAK - PEAK. Pod vybraným senzorem, který jsme určili již v záložce Points, jsou rozsahy měřené frekvence f_{min} a f_{max} . Do kolonky Samples pak vypíšeme počet vzorků, ze kterých bude měření provedeno. Avg je zkratka slova Averaging, jehož český překlad znamená průměrování. Jednotku pak nastavíme v kolonce Unit. Je to jednotka hodnoty, ve které bude měření probíhat. Vzhledem k tomu, že naše snímače měří zrychlení, v měření ISO RMS bude nutné použití integrace.

4 Vyhodnocení a popis měření

Nastavení všech měření provádí technik firmy Adash. Zaměstnanec pivovaru diagnostik specialista je vyškolený v Ostravě, v místě kde sídlí firma Adash. Školení jej uvede do problematiky vibrací, trvá dva dny a jeho výsledkem je získání certifikátu. V průběhu školení se pracovník seznámí s matematickými základy popisující kmitavý pohyb. Je obeznámen s možnostmi, které měřicí přístroje a pozdější manipulace s daty poskytují. Dále bude seznámen se způsoby zpracování analogového signálu a jeho převod na digitální. Dokáže rozlišit grafy spekter a časových signálů, je obeznámen s výpočty frekvencí, na kterých má sledovat vývoj amplitudy v čase a vytvářet tak trend. Bude schopen jednoduchým výpočtem vyvážit rotor. V poslední řadě je pak aplikace vibrodiagnostiky v provozu, faktory způsobující vibrace a jejich správná a včasná detekce.

Nejdůležitější je však to, jak je pracovník schopný a spolehlivý. Je totiž jediný, kdo je schopen zachytit vady v jejich raném stádiu a ušetřit tak firmě náklady na opravu. Poškozené ložisko, jehož výměna dosáhne několika tisíc korun, může způsobit poškození mnoha dalších součástí a vytvořit tak i milionové škody. Ovšem ani spolehlivost a proaktivnost, se kterou se údržba snaží udržovat svěřené stroje, nezaručuje včasnou opravu. Dalším faktorem je způsob, jakým naměřené hodnoty interpretujete výše postaveným pracovníkům a jejich vůle s tím vůbec něco udělal.

Na každém měřicím místě je nastaveno minimálně devět měření. Signál ze snímačů pohonů je tedy zpracováván pomocí měření uvedených na obrázku 4.1. U pomaluběžných ložisek je navíc přidáno ještě měření ACMT pro zachycení krátkodobých opakujících se rázů při malých rychlostech. Nastavením měření v A3716 setupu přiřadíme ke každému snímači počet a charakter měření. V programu DDS pak vytváříme strom jednotlivých strojních celků a při přiřazení snímače nám automaticky vyskočí nastavená měření, jako to vidíme na obrázku 4.1.



Obr. 4.1 Strom měřících bodů a měření v diagnostickém softwaru DDS

4.1 RMS a PEAK

Při nastavení každého měření si musíme uvědomit, co po měření požadujeme. Zde si něco povíme o měřeních ISO RMS, L – BEARING RMS, L – BEARING PEAK, BEARING RMS a OVERALL RMS. Následující přiblížení metody počítá s tím, že čtenář zná základní pojmy vibrační diagnostiky. Všechna tato měření jsou ve výběru označena jako wideband (širokopásmové), což vidíme na obrázku 3.4. Měření ISO RMS nám vypovídá o mechanickém stavu stroje pomocí jedné hodnoty, zastupující efektivní hodnotu buzenou špatným uložením, nevývahou či nesouosostí ve frekvenčním pásmu od 10Hz do 1kHz. Při měření v RMS se bavíme o celkové efektivní hodnotě vibrací, která se rovná energii emitované vibracemi. Efektivní hodnota je tedy podle vzorce (4.1) odmocnina z převrácené hodnoty délky časového intervalu a násobku určitého integrálu čili plochy pod křivkou určenou signálem podle času.

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T X^2 dt} \quad [\text{mm}, \text{mm.s}^{-1}, \text{g}] \quad (4.1)$$

Naopak u měření 0 - Peak nebo Peak – Peak nám hodnota nevypovídá absolutně nic o celkové energii vyvolané vibracemi. U tohoto měření pouze zaznamenáváme největší špičku amplitudy v měřeném pásmu, což využijeme u měření L – BEARING PEAK a BEARING PEAK. Mohutnost vibrací neboli energie, která je dána plochou pod křivkou nám dává najevo, že se strojem je něco v nepořádku a měli bychom pomocí dalších metod zobrazení, jako je např. spektrum, zjistit příčinu zvýšení hodnoty.

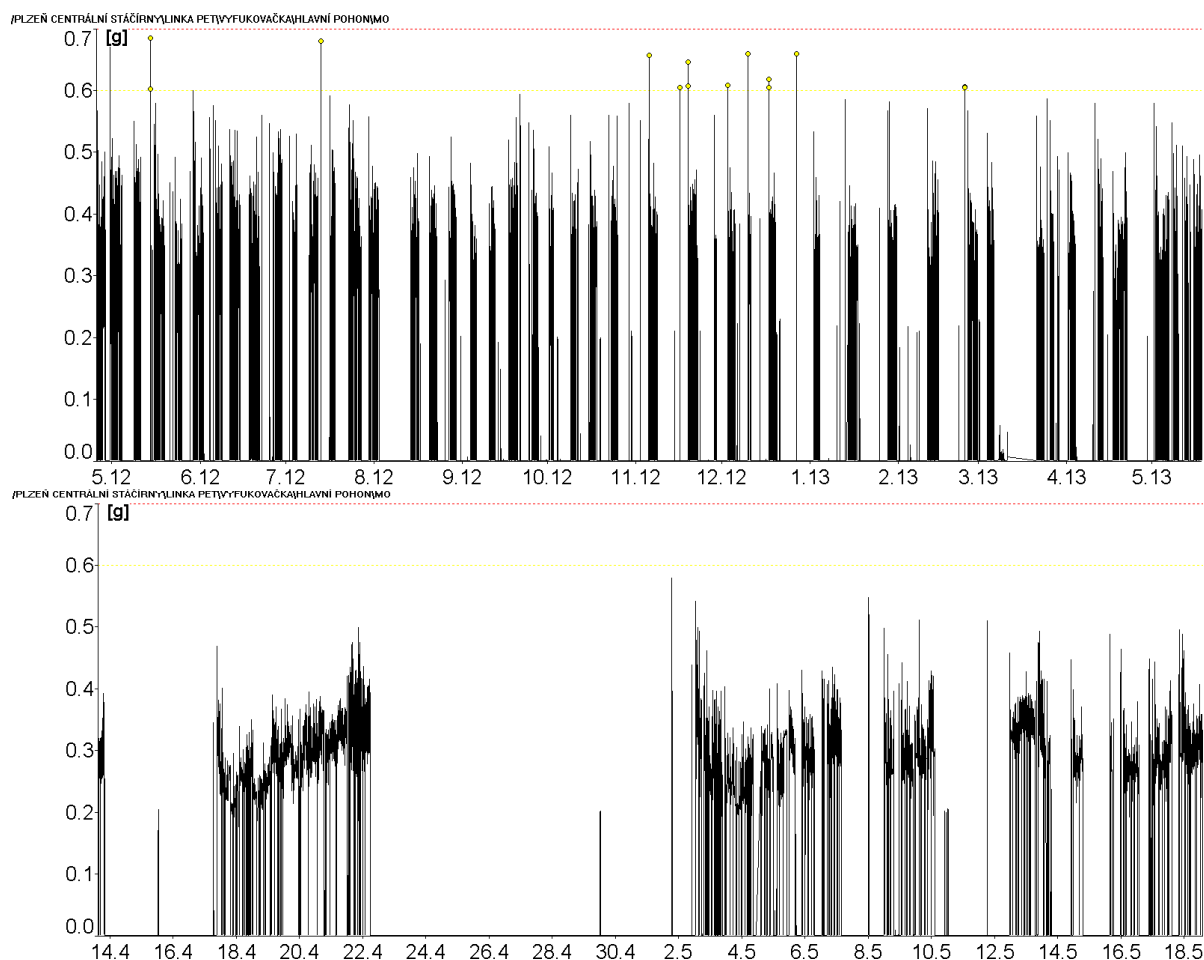
L(low) – BEARING RMS je měření, používající se pro ložiska, která pracují pod hranicí 600 ot min⁻¹ což je 10Hz. Výsledná hodnota v sobě promítá sumační energii vibrací v pásmu od 500Hz do 25kHz. V případě, že je ložisko nenamazané, nebo jsou oběžné dráhy elementů poškrábané, můžeme očekávat, že kolem hodnoty 800Hz nastává rezonance součástí.

Stejně pak přistupujeme k měření nazvané BEARING RMS. Toto měření se používá u většiny elektromotorů. V drtivé většině se totiž setkáváme s otáčkami 1500 min⁻¹, což je 25Hz. Rozsah tohoto měření volíme v pásmu od 5kHz do 25kHz. Sledované parametry jsou tedy opět hlavně mazání a stav oběžných drah ložisek ovšem ve vyšších frekvencích než je tomu u L – BEARING RMS.

Měření BEARING PEAK pak v pásmu od 10Hz do 1kHz hledá rázové děje tím, že zachovává nejvyšší špici. Je to víceméně informační měření, které udává maximální hodnotu amplitudy. Vysoká amplituda zachycuje přechod elementů přes např. pitting.

Poslední měření je čistě kontrolní a vyplňuje mezeru, kterou ve frekvenčním pásmu od 10Hz do 25kHz vytváří ISO měření, které končí na 1kHz a ložiskových měřeních začínajících od 5kHz. Je sice pravda, že L – BEARING má taktéž široký spektrální záběr, mechanický stav stroje projevující se právě pod hranicí 500Hz nezohledňuje.

Vzhledem k tomu, že u všech těchto měření je výsledkem hodnota, přijde mi zbytečné předvádět zde trendy všech měření. Použiju tedy trend widebandu ve frekvenčním rozsahu overall, čili od 10Hz do 25kHz. Na obrázku 4.2vidíme vývoj amplitudy vibrací měřené na pohon vyfukovacího zařízení v délce téměř přesně jednoho roku a jeho přiblížení.



Obr. 4.2 Širokopásmové měření RMS nahoře a jeho zoom dole

4.2 Spektrum

Spektrum je graf, kde je osa y zastoupena amplitudou vyjádřenou buď v mm/s nebo v g a osa x frekvencí v Hz. Kdybychom přibližovali spojitý signál ze snímače pořád blíže a blíže, viděli bychom stále další a další signály, tvarem podobné sinusoidě, namodulované na sebe. Čím větší zoom, tím vyšší frekvenci pozorujeme. Jednoduše řečeno, převod z časového záznamu do frekvenční oblasti rozpoznává periodu signálu. Čím kratší je tedy perioda sledovaného signálu, tím vyšší je frekvence. Rozsah frekvence, kterou jsme schopni měřit je pak ovlivněn vzorkovací frekvencí, se kterou spojitý signál navzorkujeme, rezonanční frekvencí danou podložkou, na které je umístěn snímač a samotným snímačem. Pozorovat takovéto spektrum nám umožňuje rychlá Fourierova transformace (FFT). Ta pomocí vzorce (4.1) pro výpočet efektivní hodnoty, v závislosti na vzorkovací frekvenci, vypočte hodnotu RMS každého namodulovaného signálu zvlášť. Výsledkem je graf, jehož osa y vyjadřuje energii každého signálu zvlášť a na ose x je převrácená hodnota periody signálu, vyjádřena frekvencí.

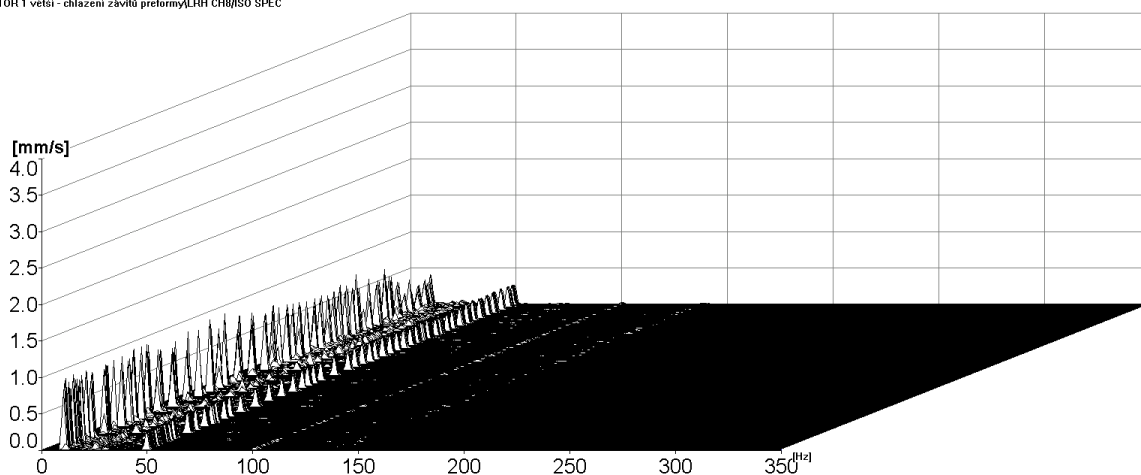
Zatímco na nízkých frekvencích do 1kHz hledáme příčiny zvýšení amplitudy, jako jsou nevývaha, nesouosost, mechanické uvolnění či ohnutý hřídel, pomocí frekvencí nad 5kHz sledujeme mechanický stav ložisek. Pomocí vzorce, jsme schopni vypočítat poruchové frekvence všech součástí ložiska či frekvenci, při které zuby ozubených kol převodovek zapadají do sebe. Na tyto frekvence se pak zaměříme a vytvářením trendu, což je vrstvení grafů na sebe v závislosti na čase, sledujeme zvyšující se amplitudu, vlivem opotřebení, špatného mazání nebo špatného mechanického stavu stroje. Nadměrné opotřebení zubů tak může být důsledek úhlové nesouososti hřídelů ozubených kol. Ta u ložisek vede k vyběhávání drážek na krouzcích ložiska a my pak na poruchové frekvenci vnějšího nebo vnitřního kroužku pozorujeme zvyšující se amplitudu vibrací, aniž bychom si uvědomili, že chyba není v ložisku ale v ustavení stroje. Na diagnostiku jako takovou je tedy důležité pohlížet komplexně. Hledat příčiny a neskončit řešení problémů s ložisky pouhou výměnou, protože bychom tímto způsobem mohli stroj „opravovat“ do nekonečna.

Při prvním pohledu na spektrum uložení motoru s největší pravděpodobností uvidíme nejvyšší amplitudu na otáčkové frekvenci. To je dáno tím, že žádný rotor není absolutně vyvážen. Na otáčkové frekvenci tak vidíme vliv nevývahy.

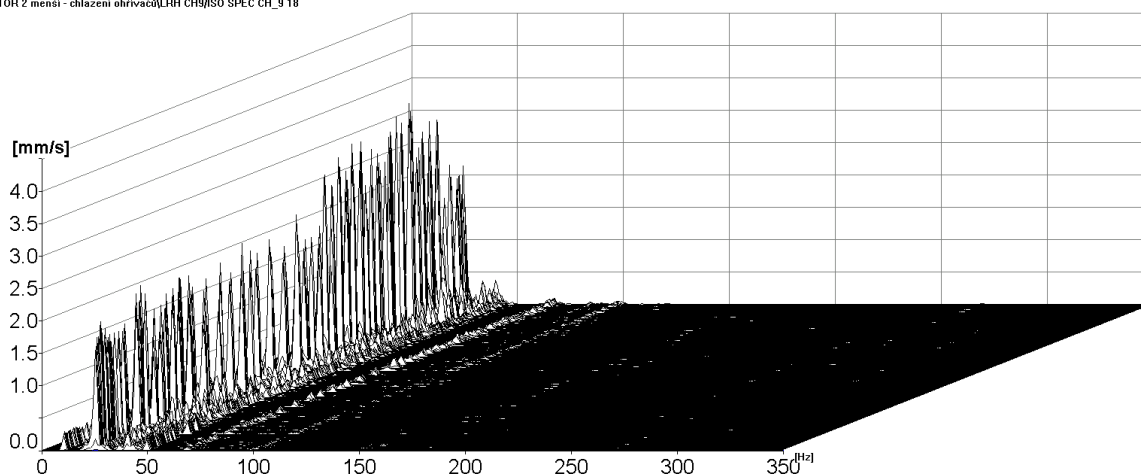
Dalším faktorem ovlivňujícím správnou interpretaci výsledku je poloha snímače. Již zmíněná nesouosost se totiž nejvíce projevuje v axiálním směru, čili vodorovném směru s uložením hřídele.

Pro detekci např. ohnutého hřídele, ale i pro nesouosost je pak vhodnou pomůckou měření otáček, ze kterých zjistíme fázi. Fáze je taktéž velmi důležitá, pro správné vyvážení rotoru.

Na obrázcích 4.2 a 4.3 vidíme trendy spekter dvou výkonově téměř stejných motorů, které pohání ventilátory uvnitř pece na ohřev preforem. Na první pohled je zřejmá příčina rozdílů velikostí amplitud. Oba motory se točí 1500 min^{-1} , což se rovná 25Hz. Jak jsem již zmínil, právě na otáčkové frekvenci se projevuje nevývaha. Na obrázku 4.3 tedy pozorujeme vliv nerovnoměrného rozložení hmoty rotoru. Stupnice rychlosti vibrací je u obou trendů stejná.



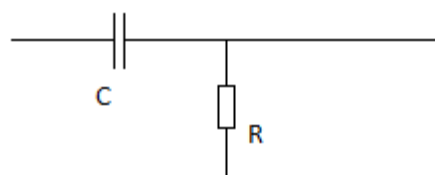
Obr. 4.2 Výřez z trendu spektra pohonu ventilátoru v pořádku



Obr. 4.3 Výřez z trendu spektra pohonu ventilátoru s nevyvážou

Na začátku jsem sice tvrdil, že vady ložisek detekujeme pomocí spektra, ale nebylo to úplně přesné. V časovém signálu, ze kterého spektrum vytvářím, je porucha vyjádřena rázy od přechodu např. valivých elementů přes trhlinu vnějšího kroužku. Zde rozlišujeme dvě frekvence. Jedna je vnitřní frekvence rázu a druhá je opakovací frekvence rázů, tedy frekvence, se kterou se ráz v časovém záznamu opakuje. Opakovací frekvence rázu je vadová frekvence součástí ložiska a po provedení FFT je přítomna ve spektru. Problém je v tom, že při přechodu z časové oblasti do oblasti frekvenční ztrácíme amplitudu vnitřní frekvence kmitu tím, že nezachováváme peak, ale vypočítáváme RMS čili energii. Plocha pod křivkou, vyjadřující energii tvořenou rázem je velice malá. Velikost amplitudy na poruchové (opakovací) frekvenci ve spektru je z toho důvodu taktéž nízká. Tento problém řeší obálková metoda označená ENV. SPEC. 800. Ta signálu přidává potřebnou energii pomocí zapojení jednoduchého obvodu na obrázku 4.4. Při přechodu valivého elementu přes vadu se nabije kondenzátor, který se pomocí odporu pomalu vybíjí a v časovém záznamu tak křivka rázu

klesá pomalu a vytváří pod sebou větší plochu. Velikost amplitudy spektra tak závisí na odporu, který udává rychlost, se kterou se kondenzátor vybíjí. Čím větší bude odpor, tím větší energie signálu a tím větší výsledná amplituda po provedení výpočtu hodnoty RMS. Provádíme tzv. demodulaci signálu označenou anglickým slovíčkem envelope. Změnu energie časového záznamu neboli velikost plochy pod křivkou, můžeme pozorovat na obrázku 4.5. Nutno však říci, že tato hodnota je zkreslená a informace o velikosti amplitudy spektra např. na frekvenci prasklého vnitřního kroužku, nemohu brát v úvahu jako reálnou. Kondenzátor a odpor jsou však pokaždé stejné a přidané množství energie tudíž taky. Hodnotu sice nemohu brát vážně, naprosto přesnou informaci o stavu ložiska nám však dává trend. V klasickém spektru nejsme schopni zachytit počáteční stádium vady. To zachytí zvýšení amplitudy až v konečné fázi poruchy, kdy je energie rázu tak obrovská, že ovlivní hodnotu RMS. Trendování spektra obálky však tento problém řeší absolutně a je tak velkým pomocníkem diagnostiky ložisek.



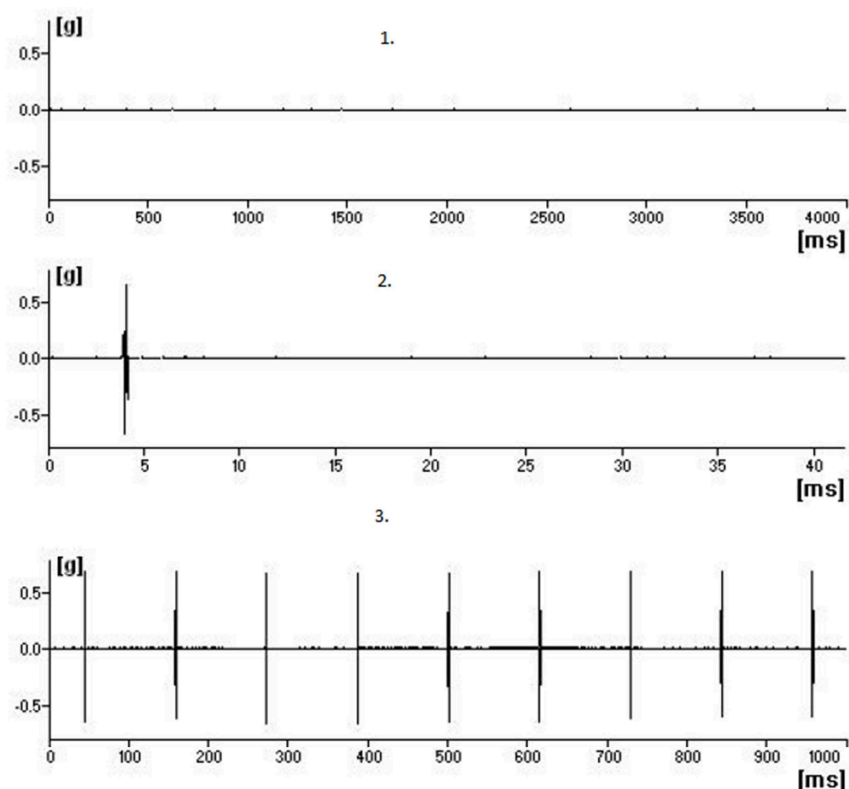
Obr. 4.4 Schéma obvodu použitého u obálkové metody



Obr. 4.5 Zvýšení energie signálu po demodulaci

4.3 TIME L – BEARING a ACMT

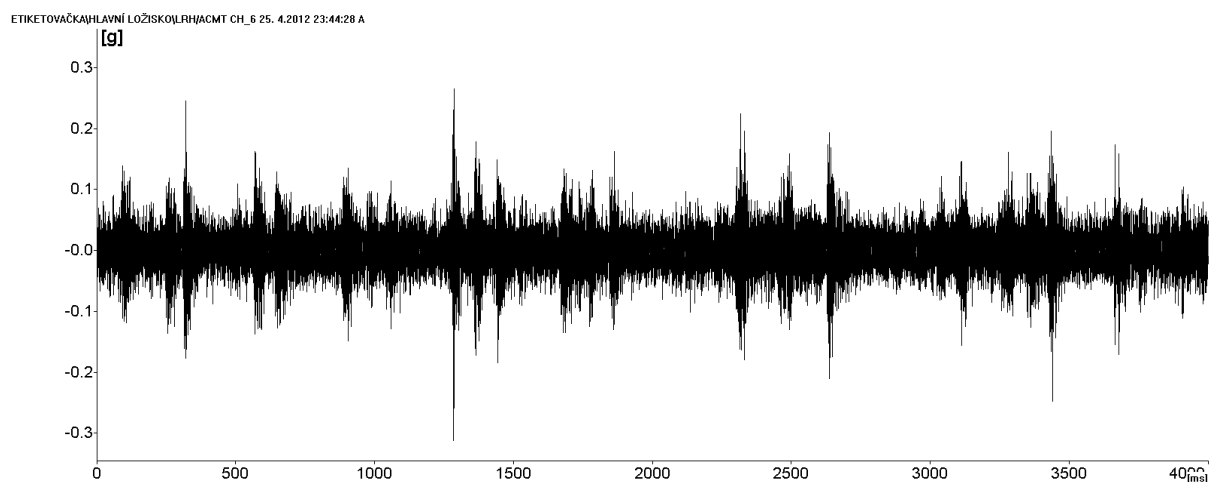
Chceme-li provádět diagnostiku točivých strojů v celé šíři, musíme počítat i s výskytem různých krátkodobých rázových dějů. Ty vznikají při opotřebení ložisek či na převodovkách apod. Správným provedením diagnostiky tedy musíme být schopni tyto děje správně změřit a vyhodnotit jejich amplitudu. Rázy mohou být velmi krátkého charakteru, vzorkovací frekvence tedy musí být velmi vysoká. Jak jsem již dříve zmínil, většina motorů generuje otáčky okolo 1500 min^{-1} a v případě turbín to je mnohonásobně více. Nahráním např. půl minutového záznamu, jsme schopni zachytit všechny rezonanční i rázové děje v ložisku. Rozsah měření TIME – BEARING je odvozen od délky záznamu, kterou nám ovlivňuje námi nastavená vzorkovací frekvence. To je ale problém, bavíme-li se o pomaluběžných strojích. Carousel etiketovacího zařízení za jednu sekundu ani nestihne dotočit celou otáčku. Vzhledem k vysoké vzorkovací frekvenci měření to znamená, že měřený signál bude časově velice krátký (např. 0,1 sekundy) a je tedy velmi pravděpodobné, že při měření pomaluběžného ložiska ráz vůbec nezachytíme. To je problém, carousel etiketovacího zařízení za jednu sekundu ani nestihne dotočit celou otáčku. Kdybychom časový interval prodloužili, vzorkovací frekvence by se nám snížila, ale s velkou pravděpodobností ráz opět nezachytíme, protože bude odfiltrován antialiasingovým filtrem. V případě, že se nám podařilo jej v záznamu zachytit, nejsme již schopni zachytit jeho četnost, protože měření nebude dostatečně dlouhé, aby zachytilo dva po sobě jdoucí rázy. Příklad srovnání výsledků z měření časového záznamu pomaluběžných ložisek a tentýž signál zpracovaný metodou ACMT vidíme na obrázku 4.6.



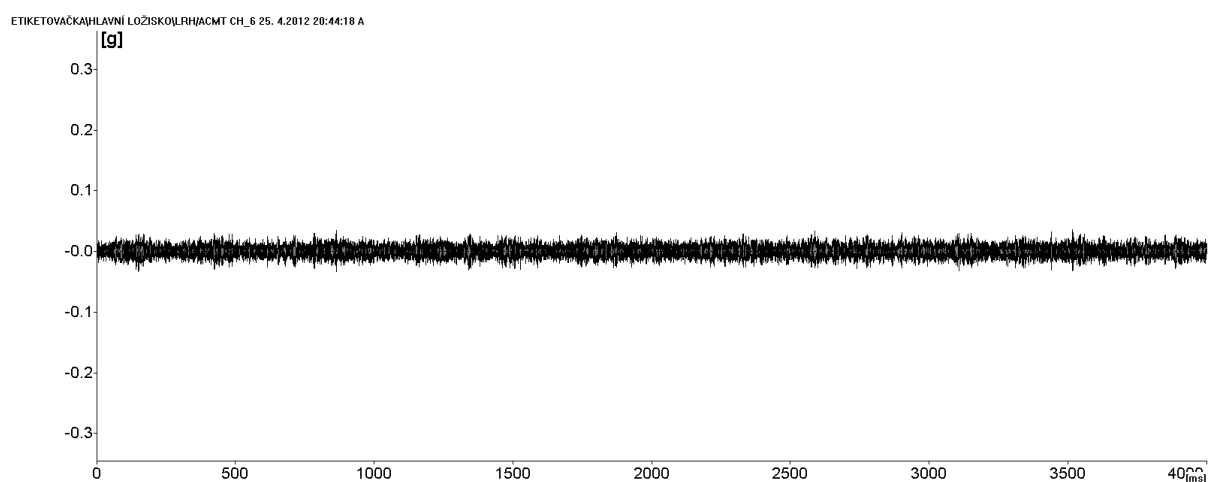
Obr. 4.6 Srovnání měření časového záznamu a ACMT pomaluběžného ložiska

Právě kvůli těmto nedostatkům vytvořila firma Adash speciální metodu měření nazvanou ADASH Compressed Measurement Time (ACMT). Metoda nejprve signál navzorkuje s vysokou frekvencí, čímž jsou zachyceny i velice krátké děje. Následně se provede převzorkování do nízké vzorkovací frekvence spojené s kompresí dat tak, aby byly rázy zřetelné. Signál se tak vlastně skládá. Rozsah měření se odvozuje z délky záznamu a velikosti vzorkovací frekvence. Na obrázku 4.6 vidíme pod označením 1. dlouhý časový záznam s nízkou vzorkovací frekvencí. Označení 2. patří časovému záznamu s vysokou vzorkovací frekvencí, bohužel, což je taky patrné z obrázku s označením 3., je jasné, že četnost rázů nejsme schopni kvůli krátké době měření zachytit. Obrázek 3 pak znázorňuje metodu ACMT, ve které jsou rázy i jejich rozestupy jasné.

Metodou jsme schopni zjistit i správnost mazání, která je velmi důležitá. Málo namazané ložisko totiž vlivem tření generuje podobné množství tepla jako ložisko přemazané. V obou případech může dojít až ke zničení ložiska. Příklad měření ACMT na pomaluběžném ložisku carouselu etiketovacího zařízení vidíme na obrázcích 4.7 a 4.8. Obrázek 4.7 sice ukazuje vyšší hodnoty amplitud a možná jsou zřetelné i rázy. Ty však po domazání zmizí a mohutnost vibrací taktéž.

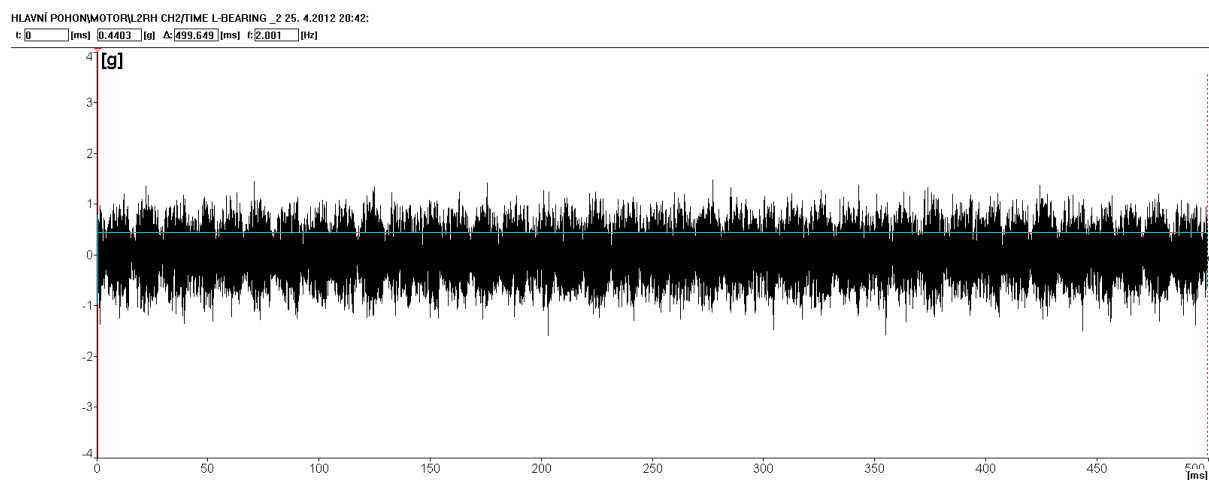


Obr. 4.7 Měření metody ACMT

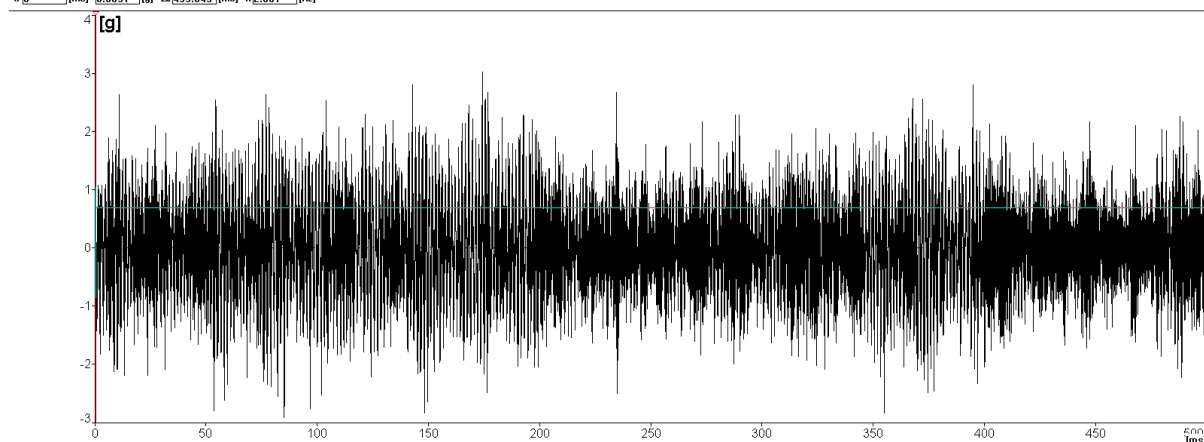


Obr. 4.8 Měření ACMT po domazání

Na posledních dvou obrázcích můžeme pozorovat vliv zatížení na amplitudu časového záznamu TIME - BEARING ložiska hlavního pohonu plniče, který se otáčí 1500 min^{-1} .



Obr. 4.9 Časový záznam ložiska hlavního pohonu plniče v nezátíženém stavu



Obr. 4.10 časový záznam ložiska hlavního pohonu plniče při zatížení

4.4 Dílčí závěr

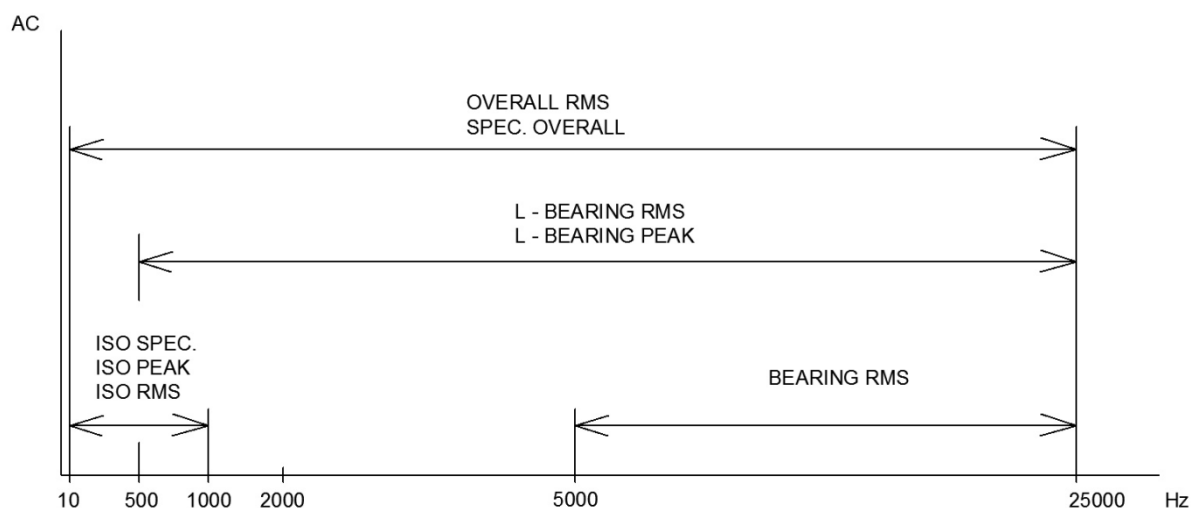
Pod pojmem moderní stroje si v dnešní době stále více lidí představí plně automatizovaný mechanismus. Možnosti, kterými dnešní stroje běžně disponují, byly ještě před několika lety považovány za špičku technologie a ve vzdálenější minulosti zařazovány do teoretické oblasti science-fiction. I když si pod pojmem robot většina lidí z běžné populace představí humanoidního androida, vlastně si ani neuvědomí, že žijeme ve světě robotů. Stále více majitelů továren mají potřebu eliminovat chyby, vytvářené lidským faktorem a aktuální trend je nenechat člověka ani stroj řídit. Integrované mechanismy provádí řízení stroje pomocí všudypřítomných čidel a jediný člověk, který má celý kolos na starost, už jen pozoruje, zda vše probíhá podle předepsaných osnov. I této době však za chvíli odzvoní, protože několika násobné inspekční a kontrolní měření, které stroj provádí sám a taktéž sám je schopen se vypnout, nebo jen odstavit jednu z paralelně zapojených možností a spustit jinou, už dnes u složitých a nebezpečných mechanismů používáme. Jediná věc, kterou stroj zatím není schopen ovlivnit, je vlastní opotřebení. Diagnostika se tak pomalu propracovává do popředí a povědomí o její důležitosti se zvyšuje každým dnem.

Při spolupráci s firmou Adash jsem zjistil, jak je komunikace s lidmi důležitá. Na každoročních českých i mezinárodních promo akcích, které pořádají, je pro ně nejdůležitější zjistit, co zákazník požaduje a jaké má představy o změnách, které by vedly ke zvýšení účinnosti jejich měření. Detaily, jako jsou například pozadí pochůzkového měřicího přístroje, nabydou naprosto jinou dimenzi důležitosti, když si pět diagnostiků z různých koutů světa měřících na nákladních a bojových lodích začne stěžovat, že bílá grafika na černém pozadí je na ostrém slunci nerozpoznatelná a jestli by tedy nešlo tyto barvy prohodit.

Druhý a důležitější význam komunikace pak spočívá v interpretaci naměřených hodnot. I když je plzeňský pivovar opravdu velice moderní továrna, přístup vedení k diagnostice je stále velice laxní. Na obrázcích 4.2 a 4.3 popisují vliv nevývahy na zvyšující se amplitudu spekter dvou téměř stejných motorů. Naměřená data jsou několik měsíců stará a motor s nevývahou je stále v provozu.

Informovanost a odborná zkušenost specializovaných pracovníků provádějících měření je pak nejdůležitější. V přístroji firmy Adash je sice velká spousta přednastavených měření a technik firmy na místě všechna měření nastaví. Sledováním trendu vývoje určitého počtu hodnot na daném stroji nezaručí správnost, se kterou je měření prováděno. Jak už jsem zmínil v kapitole 4, na diagnostiku je nutno pohlížet komplexně. Neřešit jen důsledky, ale aktivně hledat příčiny je to, co se po diagnostikovi požaduje.

Vyhodnocení měření po roce systému v provozu je z těchto důvodů komplikované. Celá linka funguje, což je pro pivovar nejdůležitější. Až na zvýšenou amplitudu otáčkové frekvence malého elektromotoru ventilátoru jsou měřené hodnoty v normě. Výběr použitých měření je výsledkem velkého množství zkušeností, které firma po více než dvaceti letech na trhu získala. Různé vady jsou pozorovatelné v jiném frekvenčním rozsahu a zjistitelné pomocí jedné ze tří skupin měření, které jsem nastínil v kapitole 4. Pro lepší představu o frekvenčním rozsahu, na kterém konkrétní měření používám, jsem vytvořil poslední graf.



4.11 Rozdělení všech měření používaných na PET lince podle frekvenčního rozsahu

Závěr

Instalace diagnostického systému v pivovaru je investice, která se projeví až po delším čase a to nepřímo. V dnešním tržním hospodářství by nikdo neměl zájem o produkt, na kterém by nemohl něco vydělat. Nepřímé zisky však v tomto případě, kdy jsou téměř všechny náhradní díly vyráběny na míru, mohou u podobných strojů činit i statisíce za rok a to se bavíme pouze o součástech stroje. Když připočítáme prostoje, ve kterých stroje prodělávají další horentní sumy, možnost mít podložené plánování všech odstávek a výroby, je nepostradatelná.

Celá instalace proběhla bez větších obtíží a trvala přibližně tři dny. Linka byla tehdy nová a moderní stroje již se zavedením dalších kontrolních čidel počítají. Nebylo tedy nutné vrtat, či jinak složitě připevňovat vedený kabel, aby nezasáhl do rotačních částí stroje.

Softwarové nastavení proběhlo taktéž bez problémů. Plzeňský Prazdroj již používá systém DDS řadu let. Najít náš přístroj A3716 mezi desítkami již instalovanými, trvalo jen několik sekund. Nastavení všech parametrů čidel a měření v A3716setupu zabralo pak kolem čtyř hodin.

Měřené pohony a ložiska vykazují optimální hladinu vibrací až na jednu výjimku, což je druhý pohon ventilátoru na uv peci vyfukovačky. V porovnání s ventilátorem jedna je jeho amplituda na otáčkové frekvenci téměř trojnásobná. Vliv nevyváhy tohoto motoru můžeme sledovat ve spektru na obrázku 4.3.

Pohled vedoucích pracovníků na práci diagnostiků je však stále do jisté míry laxní. Naměřeným hodnoty a zjištěná fakta jakoby potřebovala dobývat jejich pozornost. Tato skutečnost by měla fungovat přímo naopak. Možnost získat větší povědomí o funkci mého stroje je totiž výhoda, kterou si kvůli vyšší pořizovací ceně diagnostického systému nemůže dovolit každý.

Poděkování

Možnost zveřejnit veškeré informace týkající se produktů firmy Adash mi byly povoleny majiteli firmy RNDr. Adamem Bojkem a RNDr. Radkem Sglundou, kterým chci toto cestou poděkovat.

Další poděkování bude směřováno diagnostikovi specialistovi ve službách plzeňského pivovaru dnes už Bc. Stanislavu Svobodovi, který mi poskytl veškeré podklady firmy KRONES a řadu jiných informací o pivovaru.

Za povolení zveřejnit návody na obsluhu PET linky musím poděkovat jednateli firmy KRONES panu Ing. Janu Jánskému.

V poslední řadě pak nesmím zapomenout poděkovat mému otci Tomáši Riplovi za odbornou konzultaci.

Použitá literatura:

- [1] Firemní podklady firmy Krone´s [cit. 2013-03-13].
- [2] nkt cables s.r.o.: *Produkty, Vodiče a kabely pro pohyblivé uložení*. [online].
Dostupné z: <http://www.nktcables.com/~media/Files/NktCables/Products/CZ/LV%20cables/communication%20cables/TBVFV.ashx>
- [3] KOPOS KOLIN a.s.: *Katalog, Elektroinstalační trubky a příslušenství*. [online].
Dostupné z: <http://koposkatalog.cz/detail.php?id=9907>
- [4] HOLOUBEK PROTECT a.s.: *Sortiment, Plasty, Podlahové krytiny, Lepidla*. [online].
Dostupné z: <http://www.holoubekprotect.cz/eshop/plasty/podlahove-krytiny/lepidla-1/lepidlo-metal-tech-sg---unirep-27100g.html>
- [5] CTC, Inc.: *Vibration Analysis Hardware, Cables and Connectors*. [online].
Dostupné z: http://ctconline.com/_connector_kits.aspx?qcwg=116_554&qman=
- [6] CTC, Inc.: *Vibration Analysis Hardware, Cables and Connectors*. [online].
Dostupné z: [http://ctconline.com/_100_mv_g_accelerometer_standard_size_\(most_common\).aspx?qcwg=116_325&qman=](http://ctconline.com/_100_mv_g_accelerometer_standard_size_(most_common).aspx?qcwg=116_325&qman=)
- [7] ADASH a.s.: *Produkty, A3716-Online*. [online].
Dostupné z: http://adash.com/product_a3716_cz.php
- [8] ADASH a.s.: *Ke stažení, Aplikační listy, Diag val lozisek info cz*. [online].
Dostupné z: http://adash.com/doc/ApplicationNotes/diag_val_lozisek_info_cz.pdf